ЕНЕРГОАУДИТ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ В ПРОЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ



Практичні рекомендації

Методичний посібник

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

за підтримки Спільного Проекту ЄС/ПРООН «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду»
Community Based Approach to Local Development Project (CBA)

ЕНЕРГОАУДИТ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ В ПРОЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Практичні рекомендації

Методичний посібник

Дніпро – 2016

Проект «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» (МРГ). Основна мета Проекту – сприяти сталому соціально-економічному розвитку на місцевому рівні шляхом зміцнення спільного управління та заохочення громадських ініціатив по всій Україні. З 2008 року проект МРГ працює на всій території України. Третя фаза Проекту реалізовується впродовж 2014-2017 рр. Під час третьої фази Проект МРГ надаватиме підтримку обласним та місцевим органам влади щодо поширення кращих практик та досвіду із спільного планування та подальшого поширення підходу, орієнтованого на громаду. Діяльність Проекту МРГ спрямована на відновлення базової соціальної та комунальної інфраструктури в таких пріоритетних сферах діяльності громад, як енергоефективність, охорона здоров'я, охорона навколишнього середовища, водопостачання спільно з розвитком малого аграрного бізнесу. У контексті розвитку міст Проект МРГ сприяє вповадженню заходів із енергоефективності в багатоквартирних будинках у 25 малих містах України та підтримує вповадження принципів «розумних міст» та електронного врядування в управлінні містами. Проект надає підтримку Уряду України у впровадженні реформ з децентралізації та поширенні інноваційних підходів щодо спільного планування та сприяння сталому соціально-економічному розвитку на місцевому рівні через центри управління знаннями та впровадження курсу в навчальні програми 40 регіональних університетів. Проект фінансується Європейським Союзом та співфінансується й упроваджується Програмою розвитку ООН.

Проект «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» (МРГ)
Вул. Еспланадна, 20, 7-й поверх, офіс 704-708, Київ, 01601, Україна.

Сайт: www.cba.org.ua
http://www.facebook.com/cbaproject
www.twitter.com/CBAProject

Європейський Союз складається з 28 країн-членів, які вирішили поетапно об'єднати разом свої інновації, ресурси і долі. Спільно, протягом 50- річного періоду розширення, вони побудували зону стабільності, демократії і поступального розвитку, підтримуючи культурну різноманітність, толерантність та індивідуальні свободи.

U N
D P
Україна

Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН) є глобальною мережею ООН в галузі розвитку, організацією, яка виступає за позитивні зміни та надає країнам доступ до джерел знань, досвіду та ресурсів задля допомоги людям в усьому світі будувати краще життя. ПРООН співпрацює з понад 170 країнами світу, допомагаючи їм знаходити власні шляхи розв'язання глобальних та національних проблем в галузі людського розвитку.

Зміст

Передмова

Проект «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» є спільною ініціативою ЄС та ПРООН, покликаний пом'якшити низьку виниклих проблем. Він спрямований на створення сприятливого середовища для довготривалого сталого розвитку на місцевому рівні шляхом заохочення місцевого самоврядування та ініціатив, орієнтованих на громади по всій Україні. Конкретними цілями Проекту є:

- покращення умов життя у сільських та селищних громадах по всій Україні шляхом сприяння сталому відновленню, управлінню та забезпеченню роботи базової соціальної та комунальної інфраструктури й служб за рахунок ініціатив самодопомоги за участі громад;
- доведення ефективності механізмів місцевого самоврядування і децентралізованого управління, основаних на участі громад, у наданні державних послуг шляхом просування партнерських самоврядних організацій громад, які запроваджують ініціативи з самодопомоги у співпраці з органами місцевої влади, приватним сектором та іншими зацікавленими сторонами;
- покращення відповідних професійних вмінь та знань організацій громад і органів місцевої влади з метою започаткування та підтримки процесів стабільного соціально-економічного розвитку за принципом залучення громад, а також для надання якісних державних послуг;
- розбудова інституційної спроможності організацій громад і органів місцевої влади щодо визначення потреб і пріоритетів громад, щодо ведення і моніторингу місцевого процесу сталого соціально-економічного розвитку на основі широкої участі та ефективного надання послуг;
- поширення на низовому рівні практичного досвіду принципів планування на засадах участі громади, прийняття рішень та соціальних дій задля накопичення даних для розробки політики та проведення законодавчих реформ у напрямку сталого регіонального/місцевого розвитку, адміністративної та фінансової децентралізації й зміцнення місцевої демократії.

Стратегічна мета Проекту «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» полягала у залученні місцевих громад та місцевої влади до участі у процесі прийняття рішень та спрямування цього процесу для розбудови співпраці за участю широкого кола зацікавлених сторін.

Вступ

Україна має значний нереалізований потенціал енергозбереження, особливо в промисловості і житлово-комунальному секторі. На енергоефективність української економіки негативно впливають домінування енергоємних виробництв, зношеність основних фондів підприємств і житлово-комунального господарства, несучасні технології виробництва. Тому модернізація є важливим інструментом відновлення промислової і технологічної бази економіки, підвищення її енергоефективності та конкурентоспроможності.

Модернізація нерозривно пов'язана з реалізацією енергоефективних рішень. В умовах різкого зростання цін на імпортні енергоносії для багатьох підприємств впровадження енергозберігаючих технологій – це питання економічної доцільності і забезпечення конкурентоспроможності продукції. Здійснюючи модернізацію, підприємства одночасно вирішують ряд важливих завдань – збільшення ефективності виробництва, економія дорогих енергоресурсів, зменшення викидів в атмосферу, підвищення безпеки обладнання і праці. У масштабах країни це забезпечить поліпшення загального енергобалансу і екології, і що особливо актуально – підвищення енергобезпеки.

В Україні, як і в більшості європейських країн, більше 30% кінцевої енергії споживається будівлями. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання. При цьому енергоємність комунальних послуг в Україні в 4 рази більше середніх показників країн з подібними кліматичними умовами.

Основні причини високої енерговитратності є:

1. Зношеність інженерних систем і самих будівель.
2. Недосконалість будівельних конструкцій. Більшість будівель були побудовані в радянські часи, коли основною метою було збільшення житлової площі в короткі терміни, а не забезпечення енергоефективності. Будинки «радянського» типу мають низьку теплову захист і не відповідають сучасним вимогам.
3. Низький коефіцієнт корисної дії (ККД) інженерних систем. ККД опалення та гарячого водопостачання в Україні становить не більше 0,33, для порівняння в Фінляндії цей показник – 0,9.
4. Відсутність системи обліку споживання енергетичних ресурсів в рамках населених пунктів, регіонів.

Тому, відповідно до «Програми дій Уряду України на 2015-2016 рр.» нова політика енергетичної незалежності України визначена пріоритетною [1].

В цьому методичному посібнику розглянуті теоретичні питання енергетичного аудиту та енергетичного менеджменту та наведені практичні результати проведення енергетичного аудиту в одному із населених пунктів – учасників проекту «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду». Енергоаудит викона-

ний працівниками науково-дослідних лабораторій Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

З процесом проведення енергоаудиту були ознайомлені представники ВНЗ-партнерів проекту «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» в Україні – викладачі, аспіранти, студенти, а також учні та працівники місцевої школи.

1. Визначення енергоаудиту та енергетичного менеджменту

Робота по створенню енергоефективної модернізації будь-якої будівлі розпочинається з її енергетичного аудиту.

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв, що проводиться за ініціативою споживача з метою визначення можливості економії паливно-енергетичних ресурсів, здійснення заходів з економії на практиці шляхом упровадження механізмів енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Відповідно до Закону України «Про енергозбереження» [2] енергетичний аудит дозволяє визначити наскільки ефективно використовуються паливно-енергетичні ресурси та розробити рекомендації для скорочення їх споживання.

Мета енергетичного аудиту – сприяння суб'єктам господарської діяльності у визначенні своєї політики з енергозбереження, рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, потенціалу енергозбереження, надання допомоги в розробці науково обґрунтованих норм та нормативів питомих витрат, енергобалансів, розробці заходів з енергозбереження, їх фінансовій оцінці та оцінці впливу на охорону праці та довкілля.

Енергетичний аудит включає в себе збирання всіх доречних даних і записів, обстеження на місці (включно з опитуванням і збиранням зауважень від персоналу), подальший докладний аналіз зібраної інформації та обґрунтування пропозицій.

Згідно з найновішим міжнародним стандартом ISO 50002 «Енергетичні аудити. Вимоги з інструкцією щодо застосування» (ISO 50002:2014 Energy audits Requirements with guidance for use), процес енергоаудиту складається з наступних стадій:

- Приготування енергоаудиту
- Вступна зустріч
- Збирання даних
- Розробка плану вимірювань
- Інспектування місця проведення енергоаудиту
- Аналіз зібраної інформації
- Звітування за результатами енергоаудиту
- Заключна зустріч

Об'єктами енергоаудиту є [3]:
Теплові мережі, мережі гарячого водопостачання:

- система опалення та гарячого водопостачання будівлі;
- зовнішня система опалення та гарячого водопостачання;

- обстеження котельні;
- визначення питомої витрати палива та електроенергії на відпуск тепла;
- обстеження пристроїв та обладнання, що споживає паливо (печі, сушарки тощо);
- розробка заходів щодо підвищення надійності та економічної ефективності енерготехнологічного обладнання.

Електричні мережі:

- обстеження трансформаторних підстанцій;
- обстеження зовнішніх низьковольтних мереж електропередач;
- аналіз технологічних ліній, аналіз витрати енергоспоживання для технологічних процесів;
- обстеження схем електропостачання будівель.

Системи вентиляції:

- обстеження систем природної вентиляції будівель;
- обстеження систем витяжної вентиляції будівель;
- обстеження систем припливної вентиляції будівель.

Розрізнять три рівні енергетичного аудиту за глибиною обстеження:

Попередній (простий, демонстраційний, наскрізний) енергоаудит є базовим та надає загальне уявлення про наявні проблеми об'єкту обстеження на основі аналізу рахунків за енергію та короткого огляду будівлі. Результатом аудиту є пропозиції по безкоштовним і недорогим можливостям покращення енергоефективності. Основне завдання цього аудиту полягає у визначенні напрямків для подальшого обстеження.

Повний (загальний, вузловий) енергоаудит є типовим. Він складається з достатньо докладного обстеження включно з класифікацією використання енергії в будівлі. Такий аудит забезпечує замовника чіткими рекомендаціями щодо капіталомістких енергоефективних заходів з урахуванням місцевих можливостей управління і технічного догляду, наявних незручностей та економічних критеріїв. По кожному з заходів визначає видатки й економічний ефект.

Інвестиційний (всебічний, докладний) енергоаудит забезпечує вищу якість моніторингу, збирання даних та інженерного аналізу, від попереднього відрізняється більшою докладністю й точністю. Його виконують для перевірки результатів енергоаудиту нижчих рівнів, якщо ті виявили можливість особливо великих і капіталомістких заощаджень енергії, перед тим, як перейти до практичних дій з енергоефективної модернізації будівлі. Інформація у звіті має високий ступінь достовірності, достатній для прийняття рішень стосовно великих інвестицій. Відповідно цей рівень енергоаудиту найдорожчий.

За результатами обстежень готується енергетичний паспорт. Паспортизація енергетичної ефективності будівель, що підлягають термомодернізації, реконструкції чи капітальному ремонту, здійснюється під час розроблення проек-

тної документації з метою визначення розрахункових/фактичних показників енергетичної ефективності будівель після термомодернізації, реконструкції чи капітального ремонту та проведення оцінки відповідності зазначених показників установленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель.

Результати енергоаудиту, розроблений енергетичний паспорт є основою для запровадження системи енергетичного менеджменту. Приклад енергетичного паспорту будинку наведено в додатку Г.

Енергетичний менеджмент – це діяльність, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, що дозволяє значно оптимізувати обсяги енерговитрат.

Енергоменеджмент включає:

- моніторинг енергоспоживання;
- аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів;
- розроблення нових маловідходних та безвідходних технологій;
- розробку енергетичних бюджетів;
- розроблення енергетичної політики;
- планування нових енергозберігаючих заходів;
- розроблення ефективних систем та засобів контролю за енергоспоживанням та захисту довкілля від забруднення;
- організація інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту.

Енергетичний менеджмент є ефективним інструментом для скорочення видатків на придбання енергетичних ресурсів. У 2011 році Міжнародна організація зі стандартизації ввела в дію стандарт ISO 50001 Система енергетичного менеджменту. ISO 50001 підтримує організації у всіх галузях в їх намаганнях використовувати енергію більш ефективно за допомогою розробки системи енергетичного менеджменту [4].

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) згідно з ISO 50001 – це набір взаємопов’язаних або взаємодіючих елементів, необхідних для розробки і впровадження енергетичної політики та енергетичних цілей, а також процесів та методик для досягнення цих цілей.

Цей стандарт дозволяє організації будь-якого рівня незалежно від географічних, культурних та соціальних умов:

- виробити політику для більш ефективного використання енергії;
- визначити цілі і завдання, що відповідають цій політиці;
- користуватися даними для кращого розуміння та прийняття рішень щодо споживання енергії;
- виробити чіткий і реалістичний енергетичний план;
- якісно втілити заплановане в життя;
- кількісно оцінити отримані результати;
- переглянути дієвість політики;

- постійно вдосконалювати енергоменеджмент.

Модель системи з енергетичного менеджменту відповідно до стандарту ISO 50001:2011 «Система управління енергією» наведена на рисунку 1.

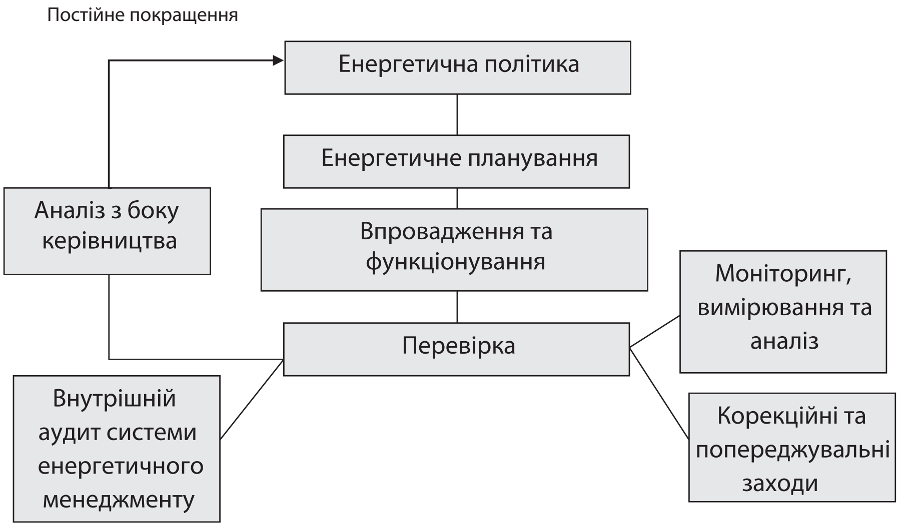


Рисунок 1. Модель системи енергетичного менеджменту відповідно до стандарту ISO 50001 «Система управління енергією»

Формування системи енергетичного менеджменту відповідно до зазначеного стандарту починається з визначення відповідної енергетичної політики. Однак, більшість практиків відзначають необхідність попереднього створення благосприятливих умов на різних рівнях, починаючи від органів місцевого самоуправління до місцевої громади для розробки та впровадження системи, оскільки успішність виконання будь-якої програм та стратегії можлива лише за підтримки широкого кола учасників.

Формування системи для забезпечення сталого енергетичного розвитку місцевих громад базується на:

- політичній волі та розумінні пріоритетності сталого розвитку місцевих громад;
- стратегічному баченні проблем, бар'єрів сталому розвитку та шляхів їх вирішення;
- підтвердженням намірів реальною здатністю витрачати кошти на сферу енергоефективності;
- людському (кадровому) потенціалі для забезпечення успішної реалізації заходів.

Енергетична політика є офіційною заявою вищого керівництва організації про основні наміри та напрямки діяльності організації стосовно її енергетичного функціонування, що фіксується документально [3]. Дана політика визначає рамки для дій персоналу і служить основою для постановки енергетичних цілей і завдань.

Відповідальність за виконання енергетичної політики має бути покладено на топ-менеджмент, який повинен забезпечити виконання наступних завдань:

а) відповідність характеру роботи і масштабам організації кількості використовуваних енергоресурсів;

б) постійне підвищення енергоефективності;

в) інформаційне та ресурсне забезпечення діяльності, спрямованої на досягнення поставлених цілей і завдань;

г) дотримання всіх правових та інших вимог у галузі енергозбереження, енергоефективності, відновлюваної енергії, прийнятих на себе організацією;

д) забезпечення основ для постановки енергетичних цілей і завдань та їх перегляду;

е) підтримка придбання енергоефективних продуктів та послуг;

ж) документування політики та її зрозумілість в рамках організації;

з) перегляд і оновлення політики.

Безпосередньо впровадженням заходів, що розробляються в рамках системи енергетичного менеджменту, та забезпечення безперервного покращення енергетичного функціонування організації має займатись група з енергетичного менеджменту – одна особа або кілька осіб. Розмір цієї групи відповідає розміру і специфіці діяльності організації, а також ресурсами, наявними в організації.

Загальна система співпраці зазначених учасників може бути відображена наступним чином (див. рисунок 2).



Рисунок 2. Багаторівнева структура управління в системі енергоменеджменту

Місцеві адміністрації повинні адресувати енергетичні та кліматичні проблеми всім граючим ключову роль членам суспільства. Разом вони в змозі сформувати загальну стратегію для майбутнього сталого розвитку, визначити можливі шляхи реалізації цієї стратегію і інвестувати в її реалізацію необхідні людські та фінансові ресурси.

Залучення зацікавлених сторін є початковим пунктом стимулювання поведінкових змін, необхідних для реалізації намічених технічних заходів. Це ключ до узгодженого і скоординованого впровадженню плану дій із сталої енергетики.

Думки жителів та учасників повинні бути відомі до того, як почнеться розробка докладного плану. Тому необхідно залучити жителів та інших учасників і запропонувати їм можливість взяти участь у ключових етапах процесу розробки енергетичного плану: побудови стратегії, визначення цілей і завдань, встановлення пріоритетів і т. п. При цьому можливі різні рівні участі: з одного боку мінімальний рівень це «інформувати», а з іншого – «делегувати повноваження».

Цілі для роботи системи енергоменеджменту мають бути конкретні, вимірні, контрольовані. Вони повинні офіційно затверджуватися на відповідних функціональних рівнях, у процесах та на об'єктах організації. Плани дій з досягнення цілей повинні бути задокументовані та затверджені.

Механізм впровадження системи енергетичного менеджменту наведений на рисунку 3.



Рисунок 3. Механізм реалізації системи енергетичного менеджменту

В процесі реалізації системи енергоменеджменту важливим є обмін інформацією, який має бути чітко регламентований і мати окремі вимоги для внутрішньої та зовнішньої інформації. До внутрішньої інформації залучаються всі співробітники, які повинні бути залучені в процес впровадження системи енергоменеджменту. Кожен з них має бути наділений правом вносити пропозиції щодо вдосконаленню системи енергоменджменту, що надалі мають бути проаналізовані керівництвом і по ним має надійти відгук особі яка її вносила. Корисні пропозиції мають відзначатися публічно або винагороджуватися.

Зовнішній обмін інформацією передбачає обмін інформацією із зовнішнім середовищем. Запровадження подібних системи визначається безпосередньо керівництвом.

Керівництво повинно перевіряти роботу системи енергоменеджменту з встановленою періодичністю. Стандартом передбачено, що аналіз має спиратися на об'єктивну інформацію (вхідні дані), і рішення та рекомендації (вихідні дані) мають прийматися на основі об'єктивних і прозорих процедур, в т. ч. рішення про виділення ресурсів.

До системних вимог відносяться:

- оперативний контроль;
- внутрішні аудити;
- коригувальні та запобіжні дії;

- управління документацією та записами.

Результати запровадження СЕМ включають в себе організаційний, фінансовий та репутаційний ефекти наведені на рисунку 4.



Рисунок 4. Результати запровадження системи енергоменеджменту

Таким чином, підвищення енергоефективності є найдешевшим, найшвидшим і найбільш екологічно чистим способом задоволення енергетичних потреб більшої частини населення світу. Однак, в той же час підвищення енергоефективності пов’язано з низкою технічних та цінових бар’єрів, необізнаності та неприйняття населенням, відсутністю належних фінансових, інформаційних та освітніх стимулів. Виняток становлять деякі промислові варіанти, гібридних транспортних засобів, і деякі форми вироблення електроенергії.

Для стабілізації і підвищення ефективності економіки України, зменшення її залежності від імпортованого палива та росту цін на енергоресурси у світі немає альтернативи створенню та розвитку систем енергоменеджменту в усіх підприємствах, установах та організаціях. У справі створення систем енергоменеджменту органи влади усіх рівнів (від місцевих до центральних) мають стати взірцем до наслідування для усіх інших організацій.

Правильною відправною точкою процесу є імплементація в систему стандартів України організаційного стандарту ISO 50001, що дозволить швидко та ефективно створити систему енергоменеджменту та створить умови для сталого споживання.

2. Загальні відомості про теплотехнічне обстеження об'єктів

Теплотехнічне обстеження дозволяє виявити порушення теплозахисних функцій огороджувальних конструкцій будівлі, що виникають в результаті наступних причин: помилки проектування; порушення технології виготовлення будівельних матеріалів, правил зберігання, перевезення і т. п.; помилки і порушення технології будівництва будівель; неправильного режиму експлуатації, в тому числі і техніки.

Перераховані фактори призводять до передчасного зниження теплозахисних властивостей в окремих місцях огороджувальних конструкцій в результаті впливу навколишнього середовища і режиму експлуатації будівлі. Це, в свою чергу, призводить до погіршення мікроклімату всередині будівель і перевитрати палива на обігрів, внаслідок збільшення теплових втрат. Крім того, інфрачервона термографія (далі – ІЧТ) дозволяє визначити шляхи усунення помилок проектування, в результаті яких температура в приміщеннях не відповідає вимогам нормативних документів. Крім загального аналізу стану теплозахисту, вельми важливою є така функція ІЧТ, як виявлення прихованих дефектів будівництва, наявність яких також знижує комфорт усередині будівель і може призводити до їх передчасного руйнування. Основними видами дефектів, що виявляються за допомогою ІЧТ, є: місця протікання повітря і води (дефекти швів, дефекти віконних блоків і прорізів: неякісне ущільнення стін мастикою, наскрізні щілини); «теплові мостики»; погіршення опору теплопередачі (існуюча теплоізоляція, яка не відповідає вимогам діючих нормативних документів, відсутність теплоізоляції, аномальна зволоженість огороджувальної конструкції, неякісна захисна конструкція, некоректні архітектурні та будівельні рішення, порушення товщини і розміщення шарів конструкції, відшарування зовнішніх шарів огороджувальної конструкції, адсорбція вологи в утеплювачі, осідання утеплювача і т. п.).

Сучасні тепловізійні системи дозволяють швидко і точно виявити дефектні ділянки і визначити їх межі. Кількісну оцінку виявлених дефектів виконують в лабораторних умовах з використанням стандартного математичного апарату і відповідних програмних засобів. Виявлення прихованих дефектів засноване на використанні принципу порівняння поточної зони контролю з еталонною (бездефектної) зоною. Еталонну зону вказують з технологічних міркувань або визначають в ході тепловізійного огляду, наприклад, шляхом оцінки опору теплопередачі. При цьому тепловізор або пірометр використовують як засіб вимірювання поверхневої температури. Тепловізійний огляд можна проводити як всередині, так і зовні будівлі. Результати огляду представляються у вигляді чорно-білих і/або кольорових зображень на моніторі тепловізора або комп'ютера, а також у вигляді твердої копії з можливістю виведення значень

в окремих точках.

Перед початком тепловізійної зйомки проводяться виміри температури поверхні на контрольованому об'єкті контактним методом, температури в центрі приміщень і на відстані близько 10 см від поверхні зовнішніх стін, а також виміри температури, вологості зовнішнього повітря і швидкості вітру.

Обстеження зовнішніх огороджувальних конструкцій проводиться у вечірній, нічний час, а також ранні ранкові години при відсутності прямих сонячних променів. Тепловізійні вимірювання проводять при перепаді температур між зовнішнім і внутрішнім повітрям не менше 10-15°С. Сніг, ожеледь, бруд та інші забруднення в момент проведення тепловізійної зйомки на обстежуваних поверхнях повинні бути відсутніми. Зйомка тепловізором проводиться послідовно по попередньо визначеним ділянкам з покадровим записом термограм і одночасної фотозйомкою цих ділянок.

Виконання робіт проводиться в кілька етапів:

- аналіз наданої проектної та виконавчої документації;
- огляд об'єкта, визначення конструктивної схеми будівлі;
- визначення мікроклімату в середині приміщень;
- підготовка до проведення тепловізійного обстеження будівлі;
- проведення тепловізійного обстеження;
- обробка отриманих даних;
- проведення розрахунків опору теплопередачі огороджувальних конструкцій будівлі;
- складання звіту за результатами обстеження.

3. Перелік приладів та обладнання, що застосовуються при проведенні теплотехнічного обстеження

Теплотехнічний контроль якості будівельних споруд, який завдяки своїй оперативності, наочності та достовірності отриманих результатів, встиг зарекомендувати себе як один з основних методів діагностування огороджувальних конструкцій після закінчення будівництва і в період експлуатації. Теплотехнічне обстеження зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі із застосуванням тепловізійної техніки проводиться з метою виявлення прихованих дефектів будівництва; визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, а також для виявлення температурних аномалій на поверхнях обстежуваних конструкцій. Обстеження проводиться шляхом дистанційного вимірювання тепловізором полів температур поверхонь огороджувальних конструкцій.

Тепловізор *Testo* 875-1 (рис. 5) – це високоточний прилад, оснащений інноваційними технологіями, всі етапи виробництва якого здійснюються в Німеччині на заводі Testo AG.



Технічні характеристики

Діапазон вимірювань	– 30…+350 °С
Термочутливість (NETD)	50 мК (0,05°С)
Детектор	120×160 пікселів
Дисплей	3,5′ ЖКІ, 320 х 240 пікселів
Похибка	±2 °С
Робоча температура	– 15…+40 °С
Габарити	152х108х262 мм
Тип батарейок	аккумулятор
Вага	900 г

Рисунок 5. Тепловізор *Testo 875-1*

Завдяки вдалому поєднанню конкурентної ціни і потужного функціонального оснащення, *Testo* 875-1 є найпопулярнішим тепловізором в Україні. Він відноситься до класу професійної вимірювальної техніки, яка дозволяє контролювати якість будівництва, виявляти приховані дефекти в будівлях і контролювати ефективність систем опалення.

Висока термочутливість і якісна оптика з Німеччина визначили головну сферу застосування *Testo* 875-1 – комплексний енергоаудит будівель і споруд.

Тепловізор *Testo* 875-1 оснащений русифікованим меню і поставляється з професійним ПО IrSoft для обробки даних і складання звітів.

Можливості тепловізора *Testo* 875-1 з функцією *IrSoft*:

- побудова температурних профілів;
- можливість нанесення маркерів температурного режиму;
- поєднання фактичного і інфрачервоного зображення;
- складання професійних звітів про вимірювання;
- паралельне відображення і порівняння декількох термограм.

Портативний пірометр *Testo* 830 T1 (рис. 6) забезпечує безконтактні вимірювання температури з частотою 2 вимірювання в секунду. Прилад оснащений лазером, який показує центр вимірювальної зони.



Технічні характеристики

Діапазон вимірювань	– 30…+400 °C
Похибка	от ±1,5 °C
Оптика	10:1
Робоча температура	– 20…+50 °C
Габарити	190 х 75 х 38 мм
Тип батарейок	9 В, 1шт.
Вага	200 г

Рисунок 6. Пірометр інфрачервоний *Testo 830 T-1*

Оптична частина приладу має коефіцієнт 10:1 і забезпечує комфортні вимірювання з відстаней до 5 м. Так, наприклад, на відстані 1 м діаметр вимірюваної зони становить 116 мм. Це означає, що прилад вимірює одне середнє значення, яке береться з площі, обмеженою колом 116 мм.

Пірометр *Testo* 830 T1 оснащений функцією зміни ступеня емісії. Також, в приладі можна задати граничні значення температури, при перевищенні яких лунає звуковий сигнал з відповідною індикацією на дисплеї приладу.

На дисплеї пірометра можна викликати мінімальне і максимальне значення з моменту включення приладу, а також зафіксувати миттєве значення.

Багатофункціональний вимірювальний прилад (канал вимірювання температури, вологості, точки роси) *Testo* 435-2 зображено на рисунку 7.



Технічні характеристики

Діапазон вимірювань	0…60 м/с – 200…+1370 °С 0…100% ОВ
Похибка	від ±0,03 м/с від ±0,5 °С ±2% ОВ
Вбудована пам'ять	10 000 значень
Робоча температура	– 20…+50 °С
Тип батарейок	АА, 3 шт.
Габарити	225 х 74 х 46 мм
Вага	428 г

Рисунок 7. Багатофункціональний вимірювальний прилад Testo 435-2

Прилад *Testo* 435-2 має вбудовану пам'ять на 10 000 вимірювань і програмне забезпечення *Testo ComSoft* для передачі, архівації і обробки даних на ПК. У пам'яті приладу всі виміряні параметри зберігаються у вигляді блоків даних, які містять в собі дату проведення, виміряні параметри, максимальне, мінімальне та середнє значення.

Застосування вбудованої пам'яті дозволило використовувати додаткові зонди такі як зонд рівня комфорту (для визначення швидкості повітря на різній висоті), окремі зонди для вимірювання відносної вологості і температури.

Широке поширення отримав комплект *Testo* 435-2 з зондом для вимірювання коефіцієнта теплопередачі, який є найважливішою характеристикою при вимірюванні тепловтрат будівлі, споруди або будівельної конструкції. Безпосереднє вимірювання тепловтрат *Testo* 435-2 в комплекті з інфрачервоною зйомкою тепловізором (наприклад, *Testo* 875-1), дозволяють не тільки якісно, але і кількісно визначити тепловтрати в Вт/м^2 через огороджувальні конструкції.

Прилад *Testo* 435-2 призначений для професійних інсталяторів і наладчиків систем опалення, вентиляції та кондиціонування, а також для всіх фахівців, які займаються енергоаудитом або ефективним використанням енергії.

4. Звіт за результатами обстеження будівлі загальноосвітньої школи I-III ступеня в селі Вербки Павлоградського району Дніпропетровської області

Останнім часом спостерігається тенденція скорочення кількості освітніх закладів в населених пунктах із населенням до 30 тис. осіб. Причиною цього в першу чергу стало збільшення витрат на енергоносії в період опалювального сезону.

В умовах обмеження бюджетних коштів практично єдиною можливістю збереження цих закладів є впровадження заходів зі зменшення витрат на енергетичні ресурси при забезпеченні потрібних параметрів мікроклімату приміщень згідно чинного законодавства.

Серед територіальних громад Дніпропетровської області, що визначили актуальність проведення енергоаудиту та впровадження заходів з енергоменеджменту, можна виділити з переліку «Актуальні проблеми соціально-економічного розвитку та житлово-комунального господарства Дніпропетровської області, що потребують наукового і науково-технічного вирішення» для конкурсу «Молоді вчені – Дніпропетровщині» у 2016 році Томаківський район, Солонянський район, м. Орджонікідзе, Криничанський район, м. Дніпропетровськ, м. Дніпродзержинськ, Верхньодніпровський район. Це становить 39% від загальної кількості громад і складає найбільшу актуальність серед поданих проблем до вирішення.

На сьогоднішній день багато установ районної комунальної власності вимагають скорочення витрат бюджетних коштів на оплату енергоносіїв.

Це системна проблема, що вимагає розробки методики та отримання кращих практик з проведення енергоаудиту, впровадження заходів з енергоменеджменту, формування культури «ощадливої енергетики», як серед дорослих, так і дітей.

Енергоаудит допомагає адекватно оцінити поточний стан будівлі, знайти основні джерела втрат тепла, а головне, одержати конкретні рекомендації з їх зменшення або усунення. Енергоаудит – це комплексне обстеження будинку, що, згодом, дозволяє поставити «правильний діагноз» і виявити найбільш уразливі місця будинку [5]. А як відомо, правильний діагноз це запорука ефективного лікування. Саме тому не варто проводити які-небудь енергозберігаючі роботи навмання, без попередньої інформаційної підготовки. Це може привести до даремних фінансових витрат і не дати бажаного результату.

Рішення проблем енергоефективності будівель в першу чергу передбачає реалізацію енергозберігаючих проектів по їх термомодернізації.

В умовах назрілої необхідності проведення масової термомодернізації об'єктів комунальної власності, енергоаудит є діючим інструментом виявлення першо-

чергових проблем, рішення яких може принести найбільший ефект і відчутну економію енергоресурсів.

Звіт з енергоаудиту є безперечно підставою для розробки технічного завдання на проектування робіт з модернізації енергопостачання споруди та подальшого пошуку фінансування заходів з енергоменеджменту, як за рахунок місцевого бюджету, так і грантових коштів або внесків меценатів.

Ігнорування своєчасного енергоаудиту та впровадження заходів з енергоменеджменту призводить до невідповідності стану будівель, що загрожує безпечному навчанню дітей.



Рисунок 8. Учасники семінар-тренінгу біля об'єкту дослідження

При створенні таких проектів на першому етапі нашими фахівцями проводиться енергоаудит об'єкта з метою оцінки ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. На підставі отриманих даних розробляються рішення щодо підвищення енергоефективності.

В рамках реалізації проекту «Місцевий розвиток, орієнтований на громаду» відбувся виїзд в с. Вербки Павлоградського району Дніпропетровської області учасників семінару-тренінгу «Енергоаудит та енергоменеджмент в проектах сталого розвитку» (рис. 8). Метою семінару-тренінгу було оволодіння практичних навичок щодо проведення енергоаудиту та використання отриманої інформа-

ції з метою прийняття рішень щодо підвищення енергоефективності будівлі.

Об'єкт обстеження – загальноосвітня школа I-III ступеня (рис. 8) в селі Вербки Павлоградського району (рис. 9).



Рисунок 9. Географічне розташування об'єкта на карті

Обстеження будівлі школи проводилося в погодних умовах, які відображені на рис. 10.



Число	День					Вечер				
	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер	Температура	Давление	Облачность	Явления	Ветер
8	+25	755	○		↑ Ю 2м/с	+16	754	○		↑ Ю 2м/с

Условные обозначения:

○ Ясно, Малооблачно, Облачно, Пасмурно

Дождь, Снег, гроза, -5 +25 Температура, СВ 1 м/с Направление и скорость ветра

Рисунок 10. Дані погодних умов на 8 квітня 2016 року.

У відповідності з нормативним документом ДСанПіН 5.5.2.008-01 «Державні санітарні правила і норми влаштування, утримання загальноосвітніх навчальних закладів» в приміщеннях шкіл відносна вологість повітря повинна складати 40-60%; температура повітря в класах та кабінетах – 17-20°С, в спортивному залі – 15-17°С; в вестибюлі – 16-19°С; в туалетах – 17-21°С.

У відповідності з ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (Зміна № 1) допустима за санітарно-гігієнічними нормами різниця між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції для школи складає:

- для стін – 4,0°С;

- для горищного перекриття – 3,0°С.

Характеристика об'єкту обстеження:

Будівля школи – одноповерхова.

Зовнішні стіни будівлі виконані із силікатної цегли зі штукатуркою складним розчином з внутрішньої сторони. Зовнішні стіни неутеплені.

Дах – горищний неутеплений.

Горищне перекриття над частиною будівлі школи, побудованої в 1903 році – по дерев'яним балкам з частковим засипанням шлаком. Над частиною будівлі, побудованої в повоєнний час – по залізобетонним настилах з частковим засипанням шлаком.

Верхня скатна конструкція даху – металева черепиця по латах по дерев'яним кроквам з влаштованою гідроізоляцією (конструкція знаходиться в задовільному стані після нещодавнього ремонту).

Результати виконаного обстеження:

Було проведено візуальний огляд проблемних приміщень школи (класів і спортивного залу), в яких не забезпечені нормативні характеристики температурно-вологісного режиму і вентиляції, що призвело до виникнення підвищеного рівня вологості в приміщеннях, в наслідок чого приміщення вогкі, на внутрішніх поверхнях приміщень будівлі школи спостерігається утворення грибків і плісняви.

Проведено вимірювання наступних показників в приміщеннях школи:

- температура повітря – 20-23°С;
- відносна вологість повітря – 50-60%;
- температура точки роси – 11,8-12,5°С;
- температура поверхні стін – 15-18°С;
- швидкість руху повітря – 0 м/с.

Огляд приміщень школи за допомогою тепловізора показав, що місце спирання горищного перекриття на зовнішні стіни є «тепловим мостиком». Вогкість в приміщеннях – наслідок порушеної вентиляції приміщень і наявності «теплових мостиків» в зовнішніх кутах будівлі і в місцях спирання горищного перекриття на зовнішні стіни.

Також був проведений огляд горищного даху будівлі (див. рис. 11-13).

Горищний дах (горищне покриття) – об'ємна огороджувальна конструкція будівлі, яка складається з верхньої плоскої або скатної конструкції, горищного перекриття, стін та замкнутого повітряного простору між ними (рис. 12).

Також покриття є важливим елементом теплоізоляційної оболонки будівлі як єдиної енергетичної системи, тому що через покриття втрачається значна частка тепла (до 40%) і це погіршує енергоефективність будівлі в цілому.

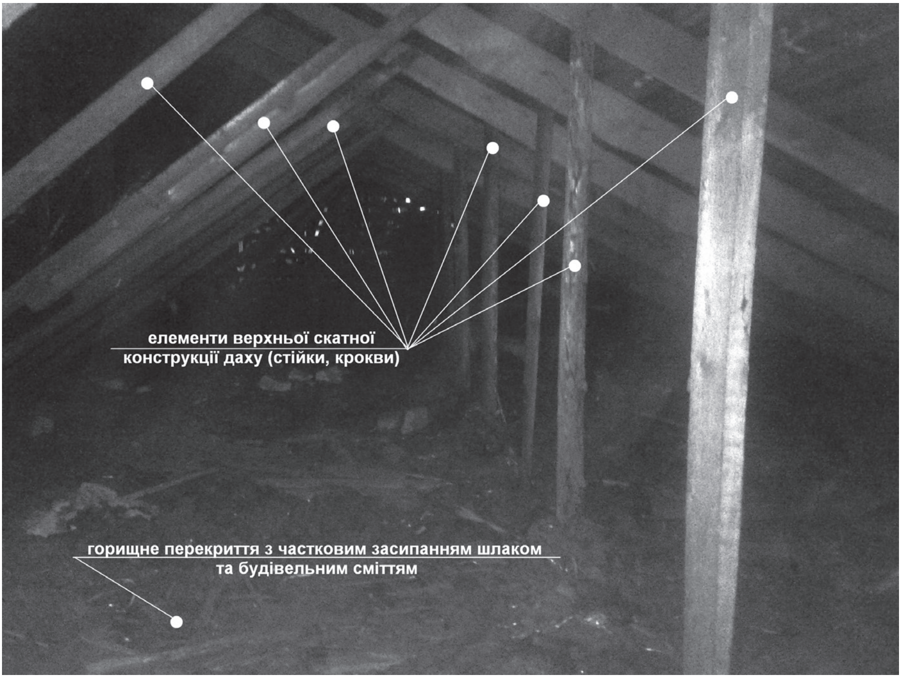


Рисунок 11. Горищний дах будівлі школи

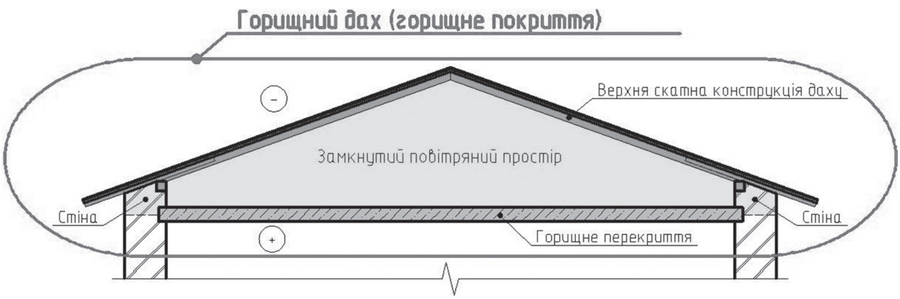


Рисунок 12. Конструктивна схема горищного даху (горищного покриття)

У горищному перекритті школи відсутня необхідна теплоізоляція (є тільки часткове нерівномірне засипання шлаком), що погіршує енергоефективність будівлі, так як все тепло, отримане від системи опалення, проходить через частину неутепленого та частину нерівномірно утепленого перекриття в горище, а з горища через неутеплену скатну конструкцію даху – в навколишнє середовище. На рисунку 13 відображені частини горищного перекриття із

засипанням шлаком та без нього.

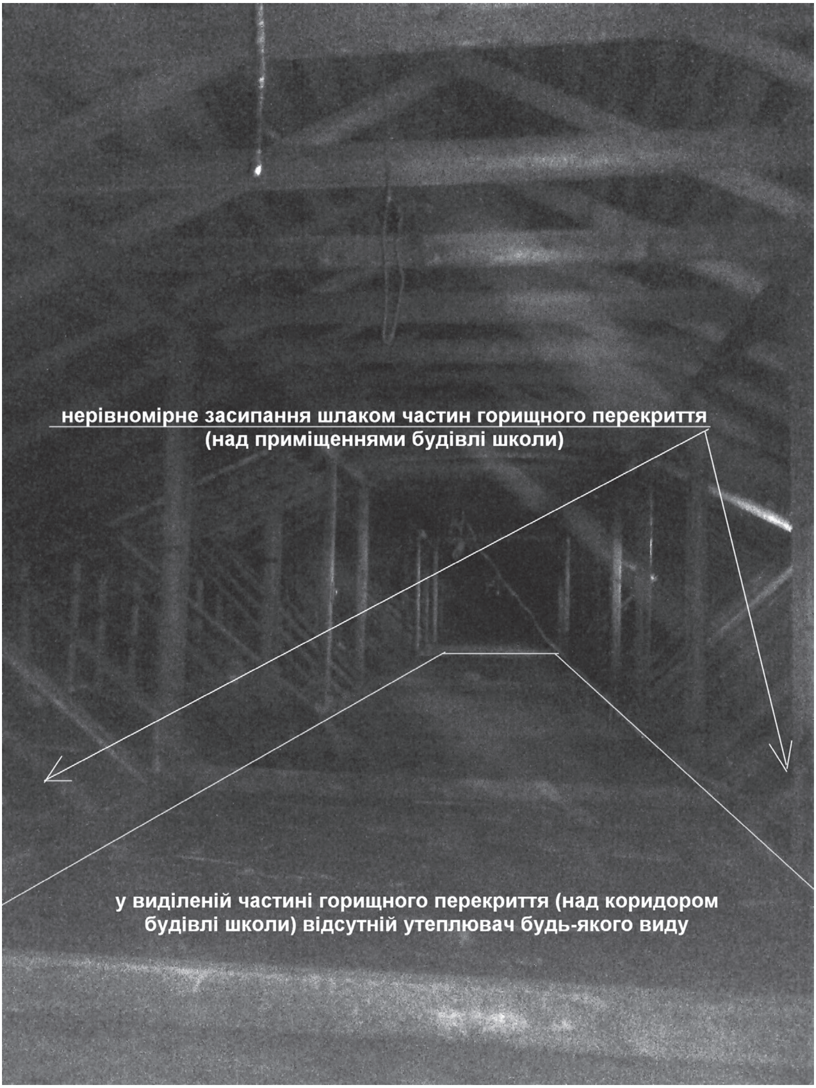


Рисунок 13. Горищне перекриття над різними частинами будівлі школи

На рисунку 14 видно, що крокви спираються на зовнішню стіну будівлі в одному рівні з горищним перекриттям, що ускладнює доступ для належного обслуговування цієї частини даху. Також на рисунку видно просвіти, які пропускають холодне повітря в горищний простір, тим самим вентилюючи його.

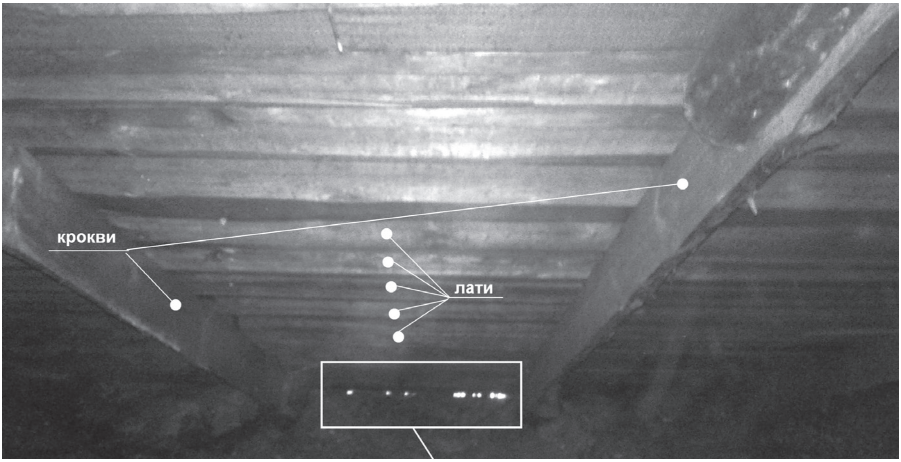


Рисунок 14. Спирання скатної конструкції даху на зовнішню стіну будівлі

На знімках тепловізора, приведених в додатку А, наглядно видно зміни температур поверхонь обстежуваних приміщень і даху школи. На рисунках червоним хрестом відзначена найгарячіша точка, синім – найхолодніша. На гістограмах відображено процентне розподілення температур в полі знімку.

Для підвищення енергоефективності будівлі школи в цілому, стіни і дах будівлі повинні бути утеплені.

Зовнішні стіни пропонується утеплювати зовні відповідно з приведеним розрахунком (додаток Б).

Дах школи можна було б виконати з теплим горищем, розташувавши утеплювач у верхній скатній конструкції даху, але на даному об'єкті нещодавно виконали заміну цієї конструкції без утеплення. Тому доцільніше буде виконати дах з холодним горищем, тобто утеплити горищне перекриття відповідно з приведеним розрахункам (додаток В).

Висновки:

1. Виконано візуальний огляд і тепловізійне обстеження приміщень і даху будівлі школи.
2. У приміщеннях школи виявлена підвищена вологість, вогкість і неприпустимі утворення на внутрішніх поверхнях стін у вигляді грибка і плісняви.
3. Зовнішні стіни будівлі неутеплені, що не забезпечує енергоефективність будівлі в цілому.
4. Дах будівлі недостатньо утеплений. Частина горищного перекриття з нерівномірним засипанням шлаком не задовольняє вимогам діючих нормативних документів України.

5. Виявлено порушення роботи вентиляційної системи.

Рекомендації:

1. Повторно провести енергоаудит будівлі школи при необхідних для цього погодних умовах, зазначених в п. 3.
2. Утеплити зовнішні стіни і відкоси будівлі школи, наприклад, плитами ROCKWOOL FASROCK з кам'яної вати на основі базальтових порід товщиною не менше 100 мм (згідно з приведеним розрахунком в додатку Б).
3. Утеплити горищне перекриття будівлі школи, наприклад, плитами ROCKMIN з кам'яної вати на основі базальтових порід товщиною не менше 200 мм (згідно з приведеним розрахунком в додатку В).
4. Відновити систему вентиляції для забезпечення необхідного температурно-вологісного режиму приміщень будівлі школи.
5. Провести роботу з видалення неприпустимих утворень (грибок і плісноява) на внутрішніх поверхнях стін будівлі школи.
6. Після виконання рекомендацій провести контрольний енергоаудит будівлі школи з метою визначення якості проведених робіт.

Термінологія

Дефект – кожна окрема невідповідність продукції вимогам проектної та/або нормативної документації, яка погіршує його властивості.

Тепловий неруйнівний контроль – неруйнівний контроль, заснований на реєстрації температурних полів об'єкта контролю.

Критичний дефект огороджувальної конструкції – теплотехнічний дефект, який призводить до зниження температури на внутрішній поверхні зовнішньої огороджувальної конструкції нижче точки роси при розрахункових температурно-вологісних умовах.

Температурна аномалія – локальне відхилення температури поверхні від норми.

Температурне поле – сукупність миттєвих значень температури в усіх точках поверхні об'єкта контролю або його окремої ділянки.

Тепловізор – прилад, призначений для перетворення теплового зображення об'єкта в видиме.

Термограма – теплове зображення об'єкта контролю або його окремої ділянки.

Теплоізоляційна оболонка будинку – система огороджувальних конструкцій будинку, що забезпечує збереження теплоти для опалення приміщень.

Опір теплопередачі – величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить, та є зворотною до коефіцієнта теплопередачі.

Теплопровідність – кількість теплоти, що передається через одиницю площі ($м^2$) шару матеріалу за одиницю часу (с) при стаціонарному градієнті температур 1 К.

Коефіцієнт теплопередачі – коефіцієнт, що визначає кількість теплоти, що передається через одиницю площі ($м^2$) конструкції за одиницю часу при різниці температур середовищ, що їх розділяє конструкція, яка дорівнює 1 К.

Коефіцієнт тепловіддачі – коефіцієнт, що визначає кількість теплоти, що сприймається чи віддається одиницею площі ($м^2$) конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища і температури поверхні конструкції, яка дорівнює 1 К.

Коефіцієнт теплозасвоєння – коефіцієнт, що визначає зміну температури матеріалу в конструкції при гармонійній зміні температури зовнішнього середовища з періодом 24 год.

Багатошарова огороджувальна конструкція – огороджувальна конструкція, що складається за своїм перерізом із шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються одна від одного не менше ніж на 20%.

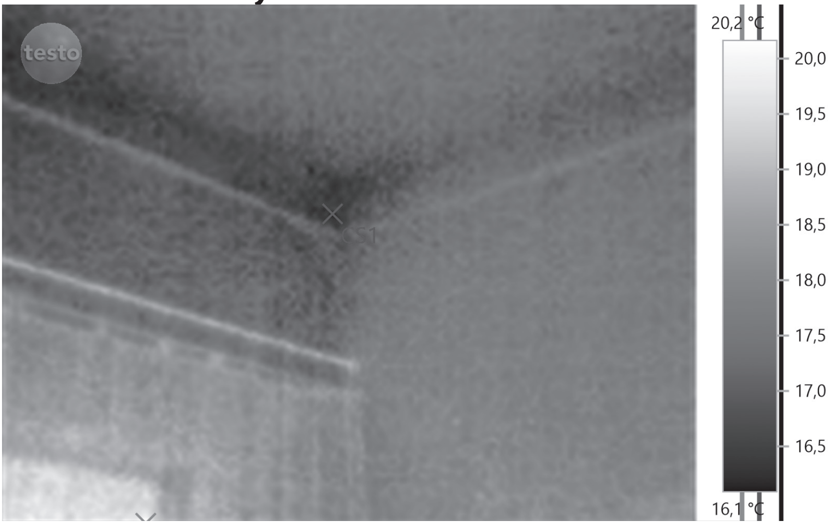
Теплостійкість конструкції – властивість конструкції зберігати відносну стабільність температури при коливаннях теплового потоку.

Теплостійкість приміщень – властивість конструкцій приміщення зберігати відносну стабільність температури при коливаннях температури навколишнього середовища та теплової енергії на опалення.

Енергетична ефективність будинку – властивість теплоізоляційної оболонки будинку та його інженерного обладнання забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень при фактичних або розрахункових витратах теплової енергії на опалення будинку.

Додаток А

Результати тепловізійної зйомки



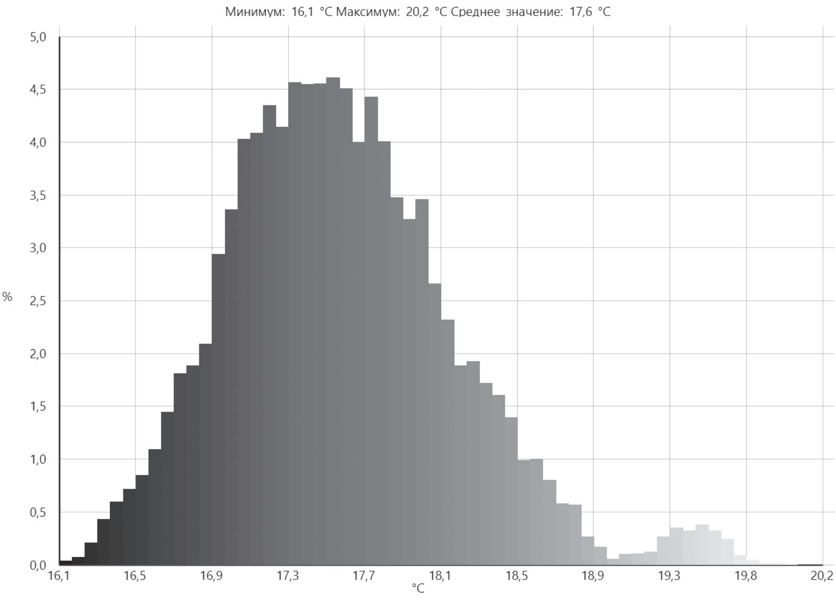
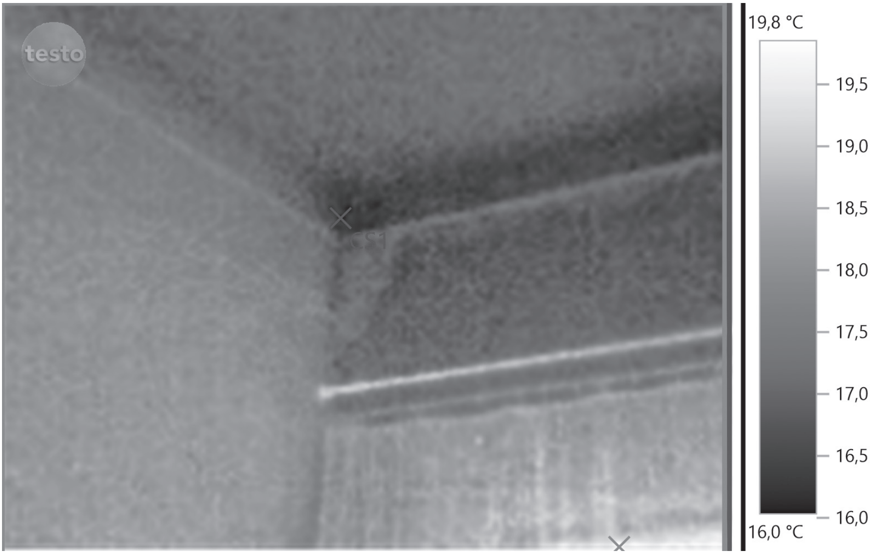


Рисунок 15. Зовнішній верхній кут 1 приміщення будівлі школи



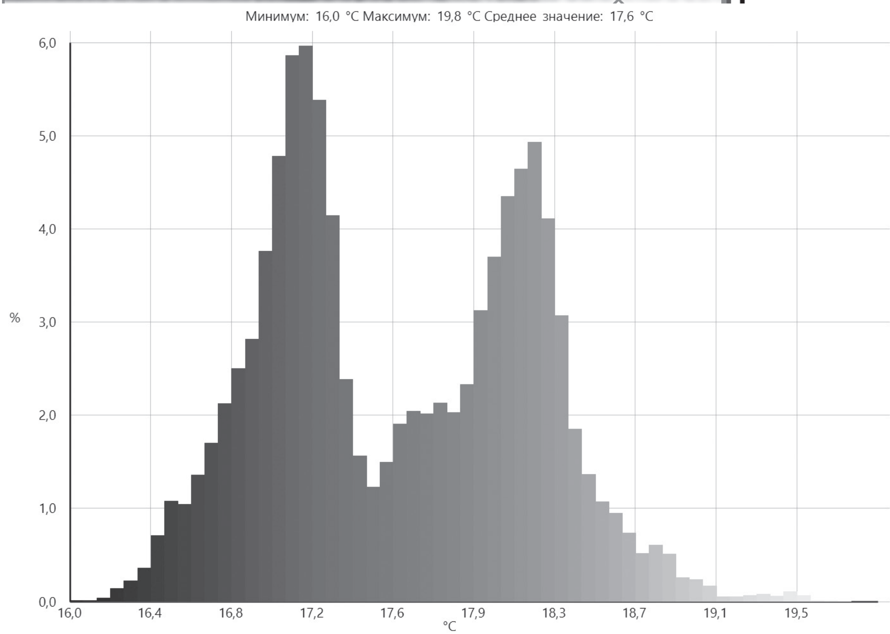
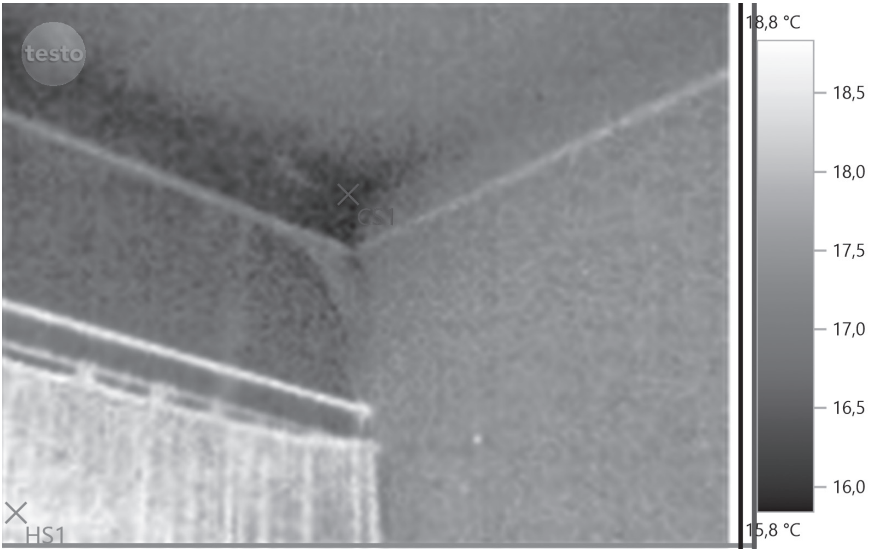


Рисунок 16. Зовнішній верхній кут 2 приміщення будівлі школи



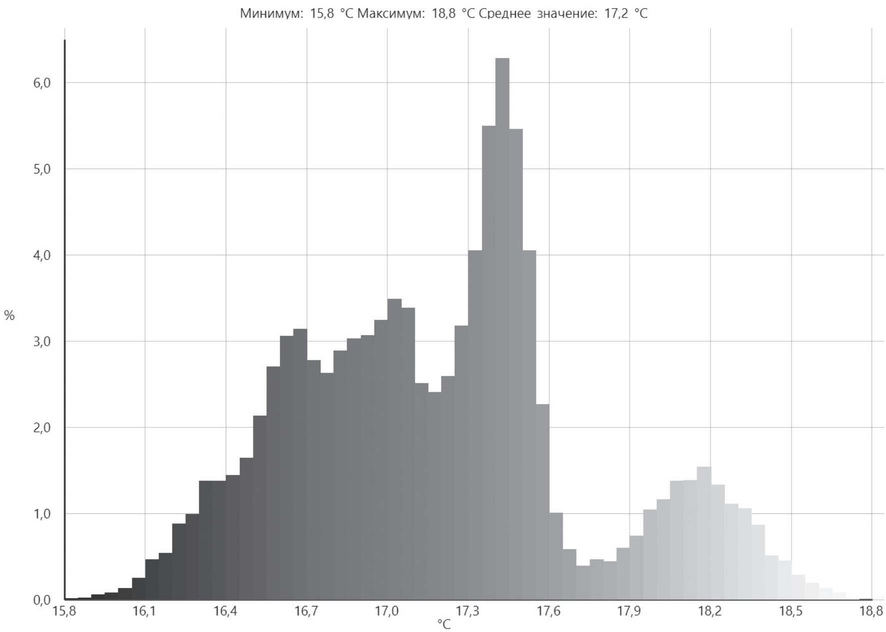


Рисунок 17. Зовнішній верхній кут 3 приміщення будівлі школи

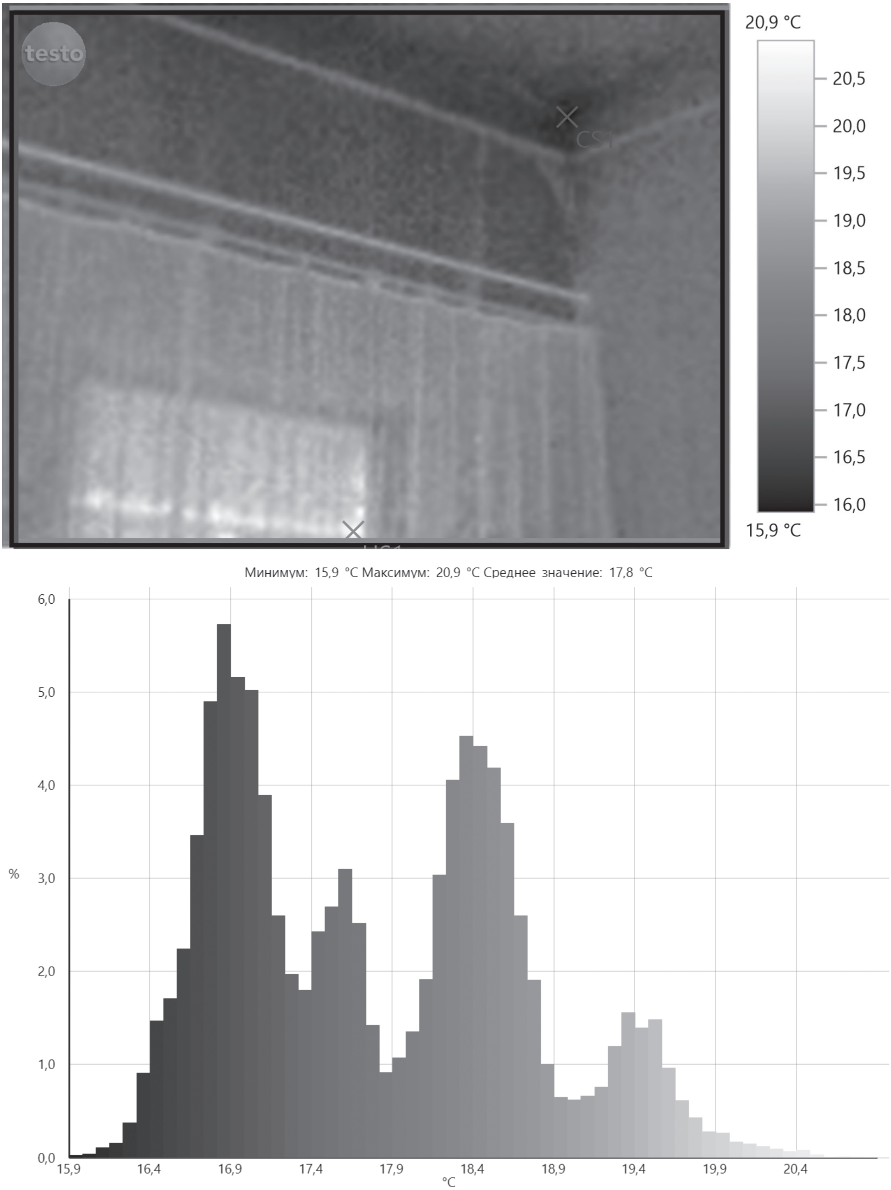


Рисунок 18. Зовнішній верхній кут 4 приміщення будівлі школи

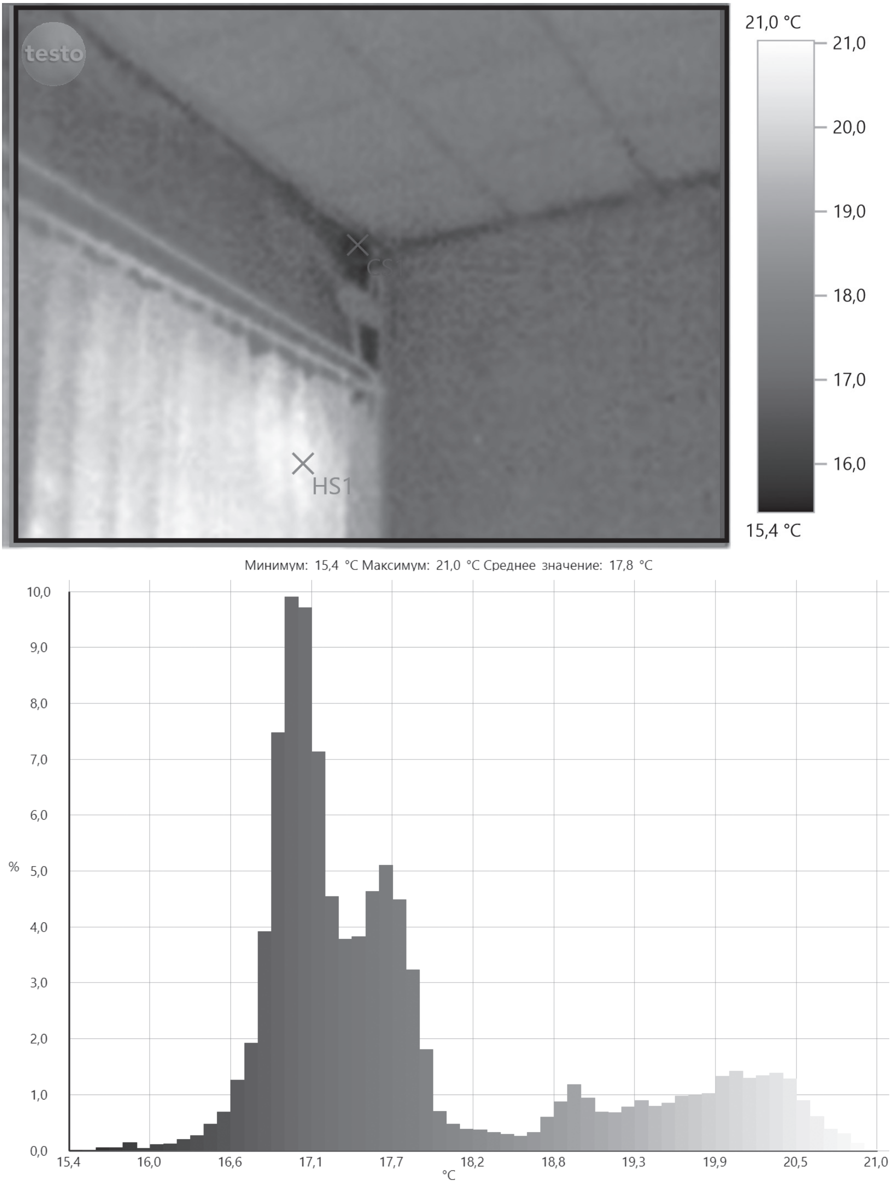


Рисунок 19. Зовнішній верхній кут 5 приміщення будівлі школи



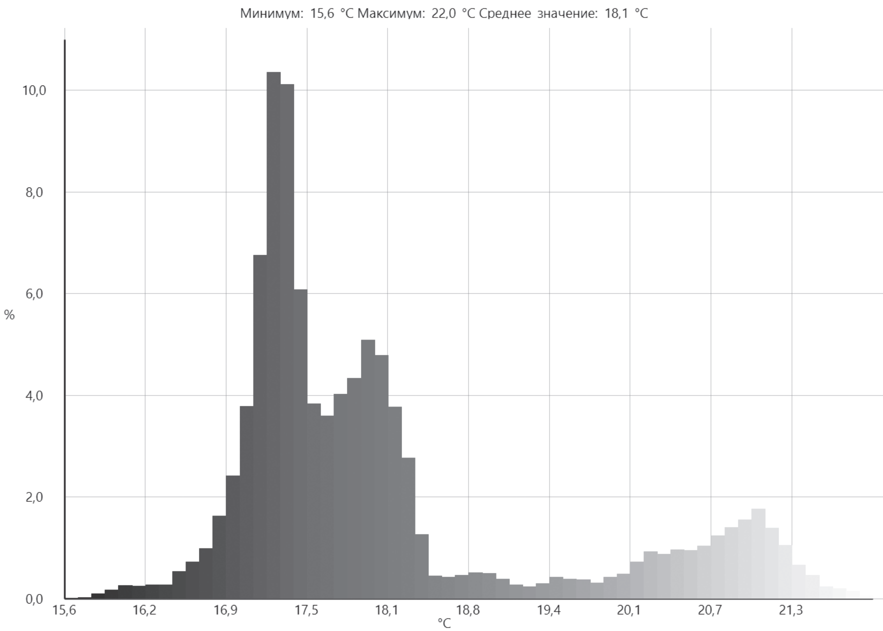


Рисунок 20. Зовнішній верхній кут 6 приміщення будівлі школи

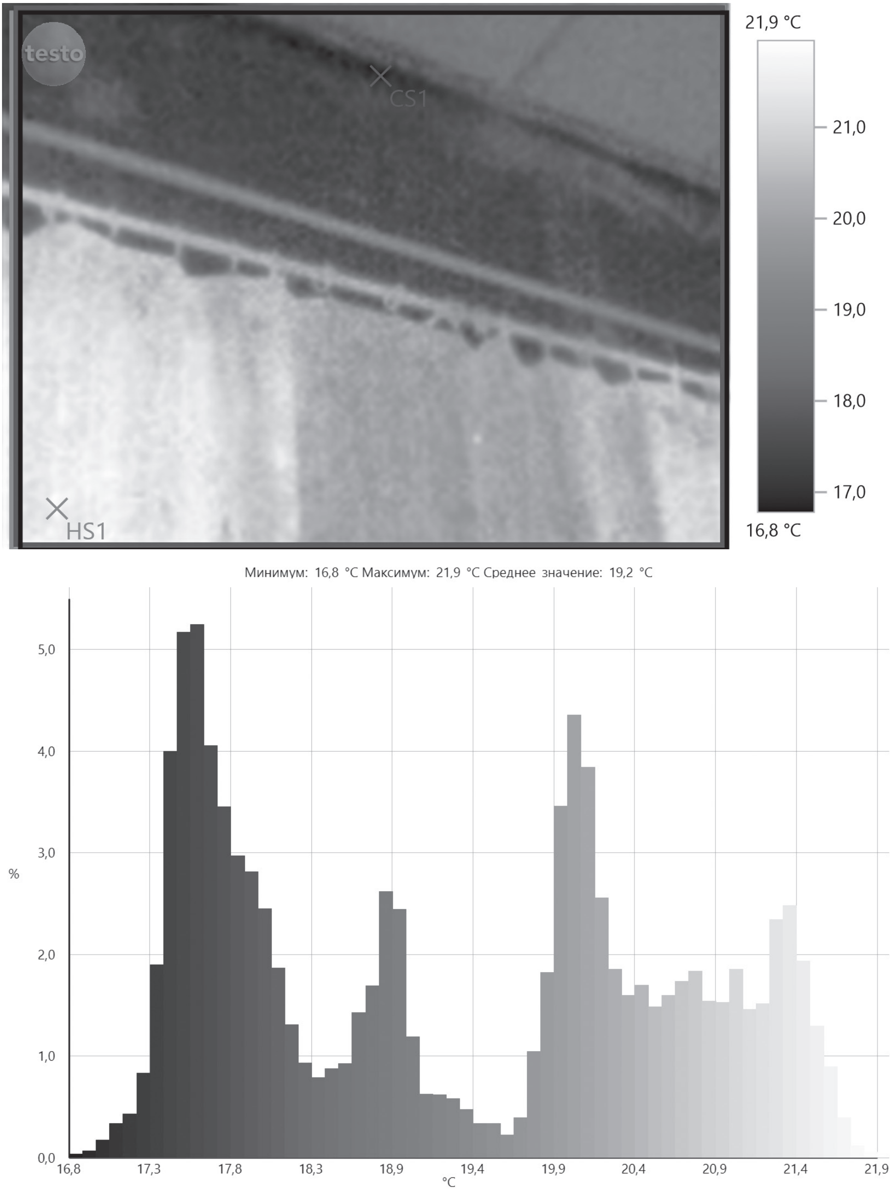
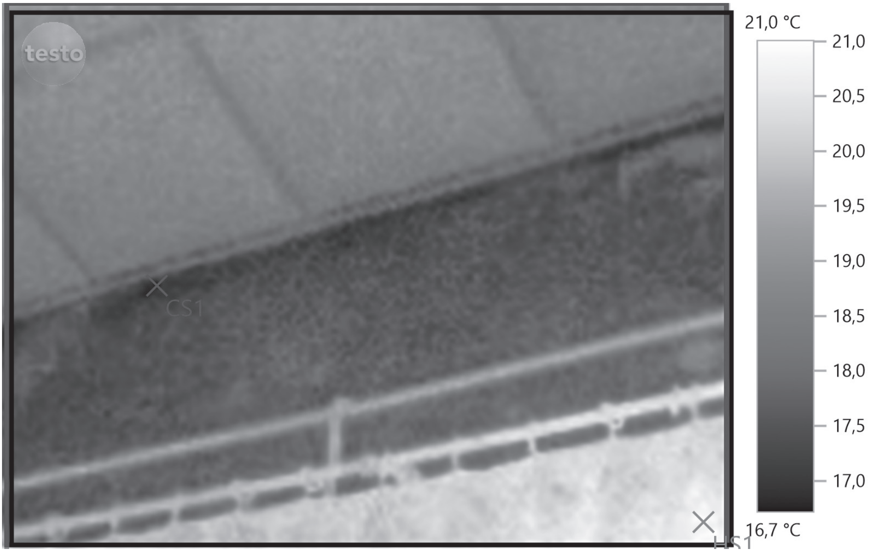


Рисунок 21. Місце 1 спирання горищного перекриття на зовнішню стіну зсередини приміщення будівлі школи



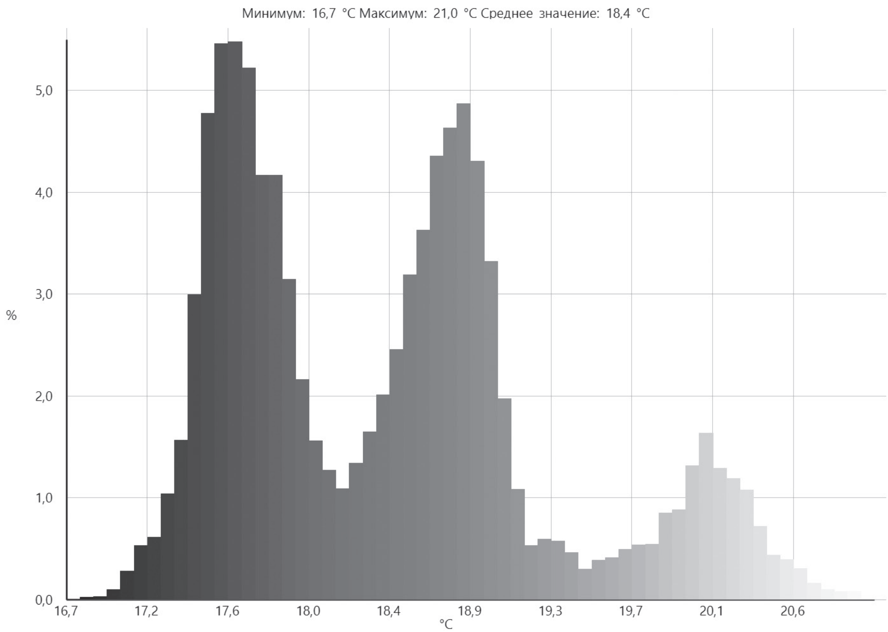
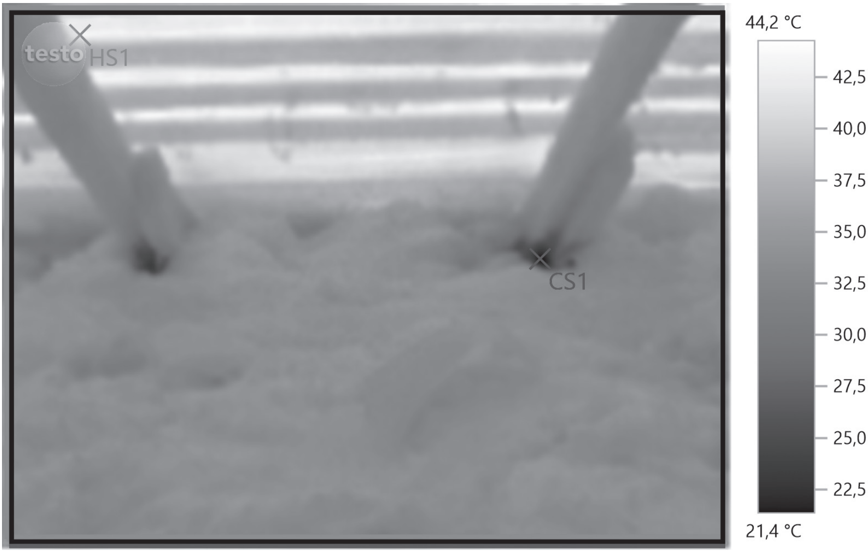


Рисунок 22. Місце 2 спирання горищного перекриття на зовнішню стіну зсередини приміщення будівлі школи



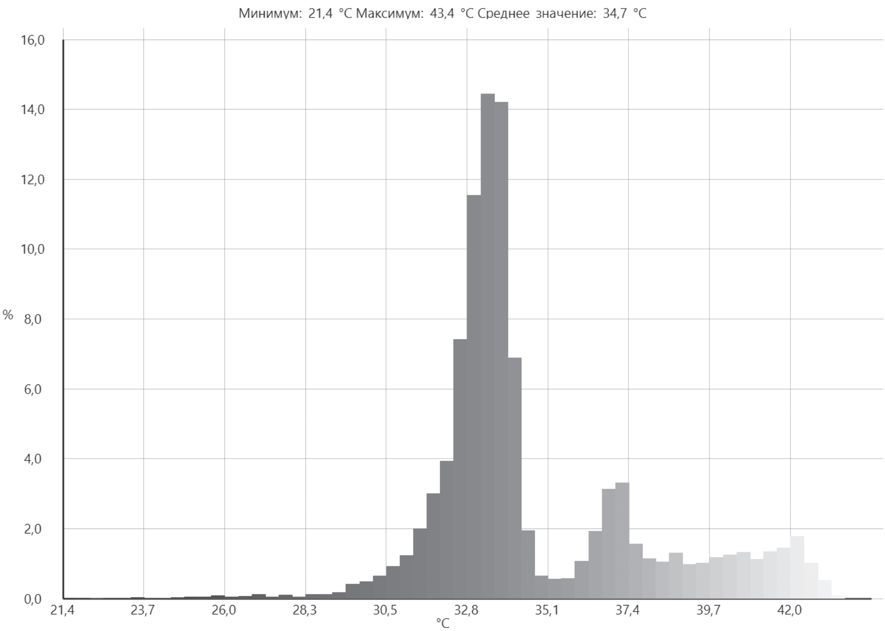


Рисунок 23. Місце 1 спирання скатної конструкції даху на зовнішню стіну будівлі школи зсередини горищного простору



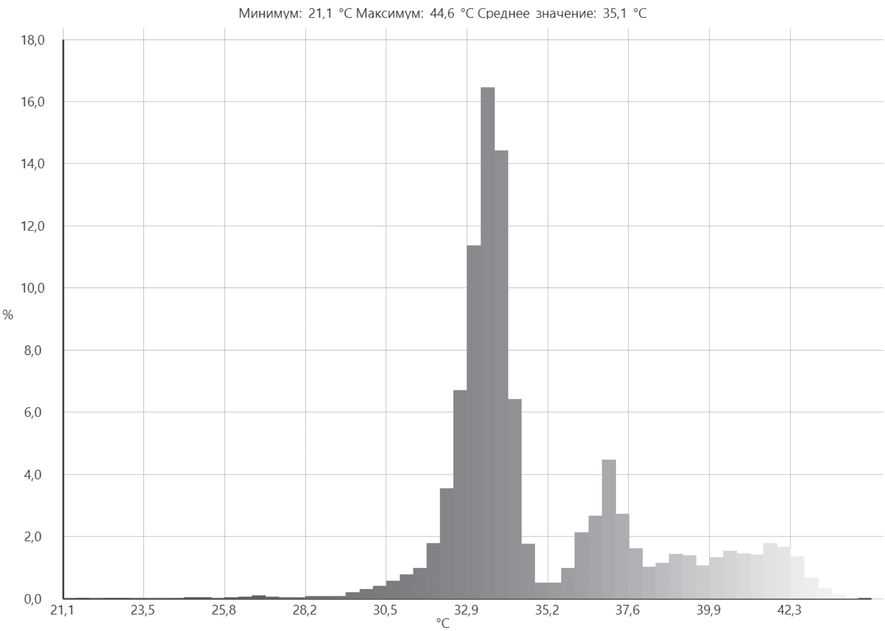


Рисунок 24. Місце 2 спирання скатної конструкції даху на зовнішню стіну будівлі школи зсередини горищного простору



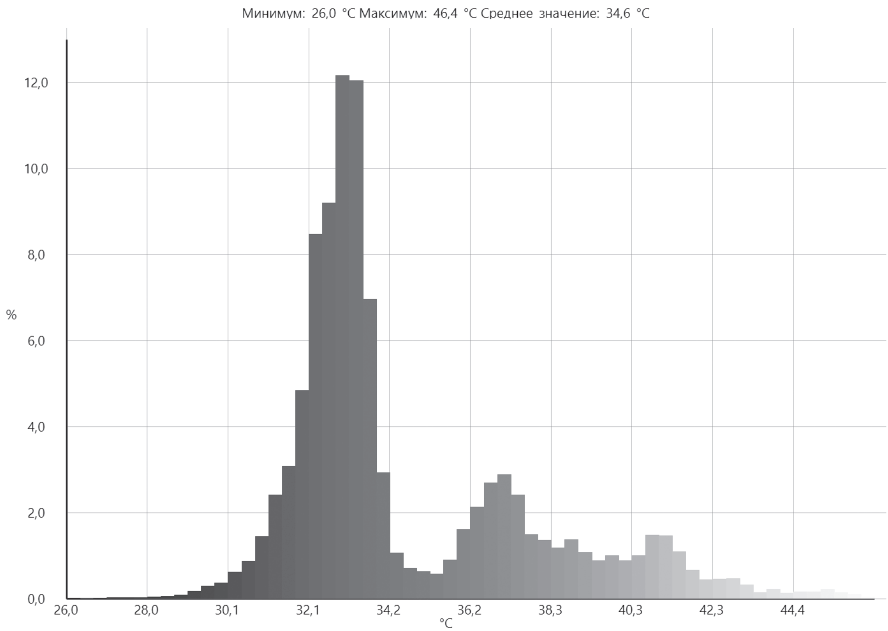


Рисунок 25. Місце 3 спирання скатної конструкції даху на зовнішню стіну будівлі школи зсередини горищного простору

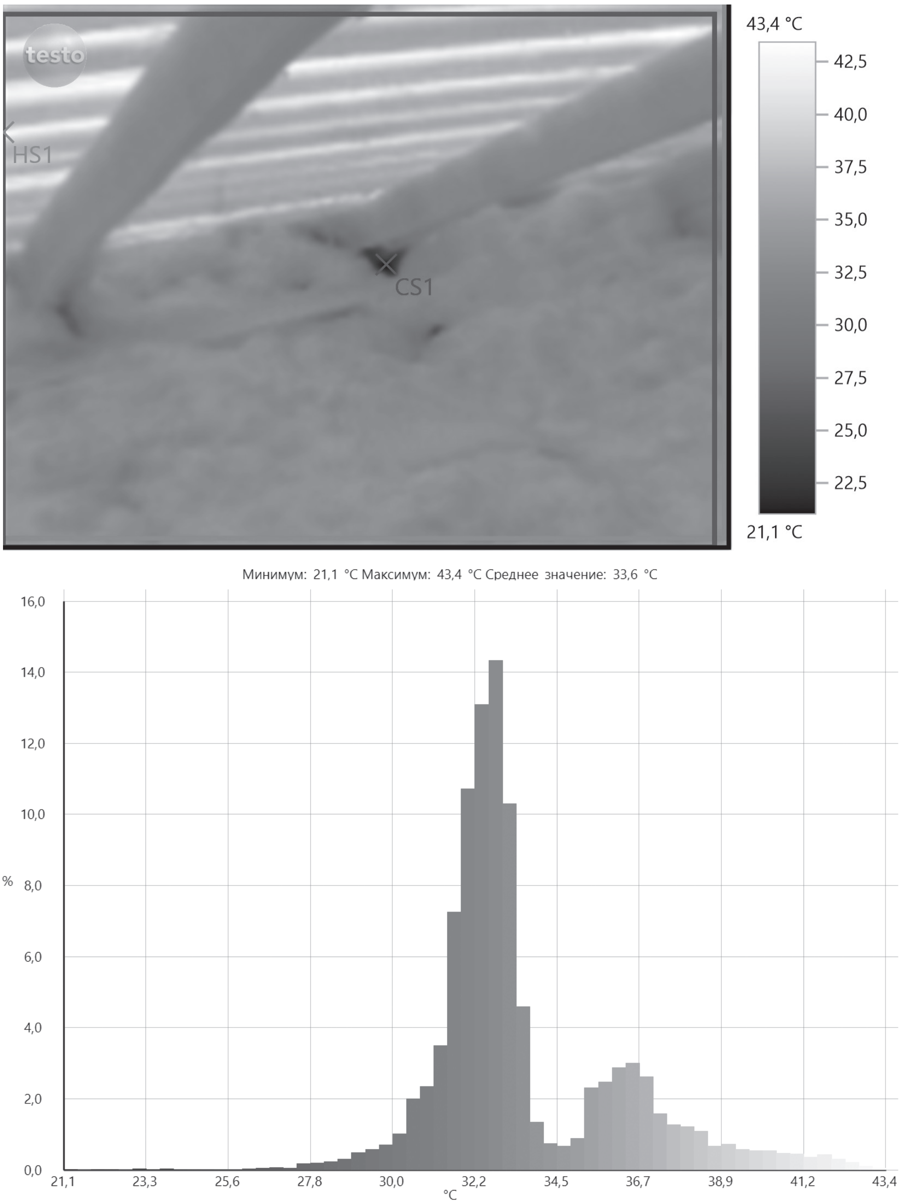


Рисунок 26. Місце 4 спирання скатної конструкції даху на зовнішню стіну будівлі школи зсередини горищного простору

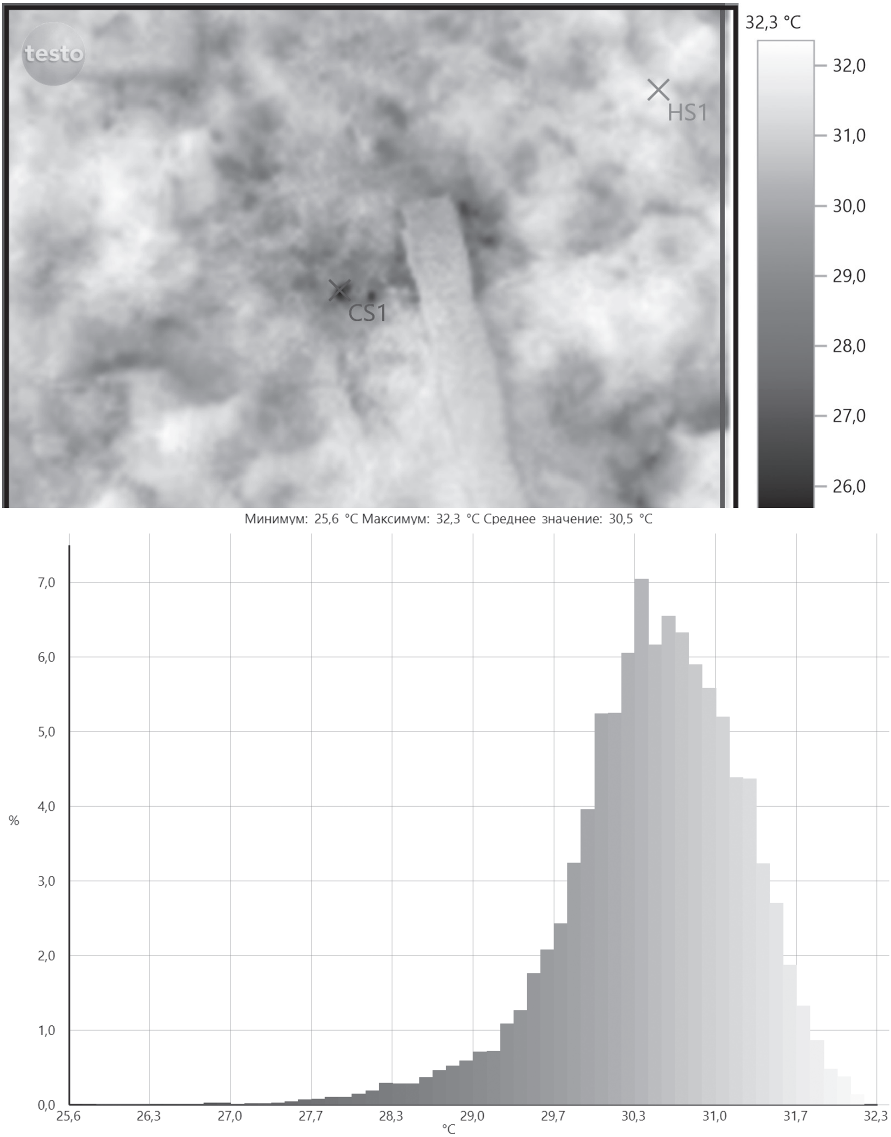


Рисунок 27. Місце 1 нерівномірного утеплення частини горищного перекриття будівлі школи

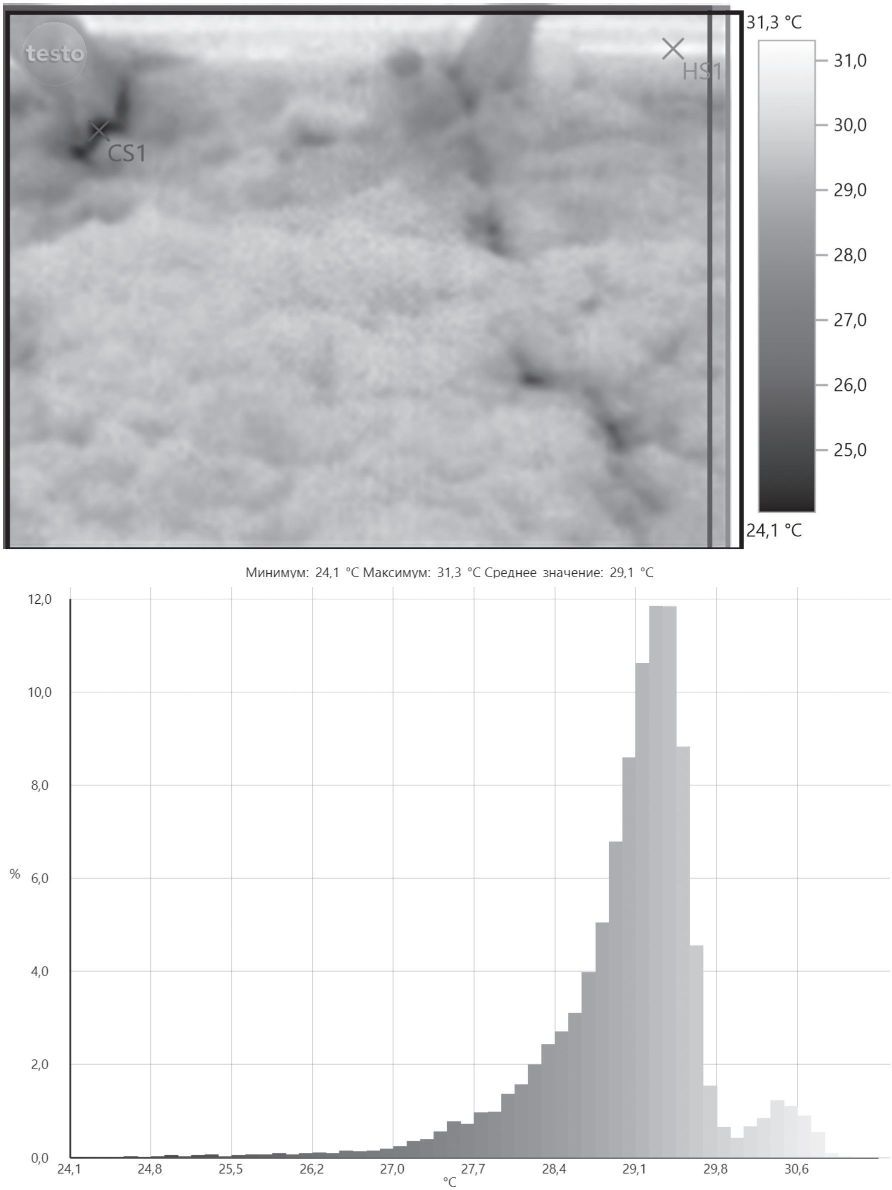


Рисунок 28. Місце 2 неравномірного утеплення частини горищного перекриття будівлі школи



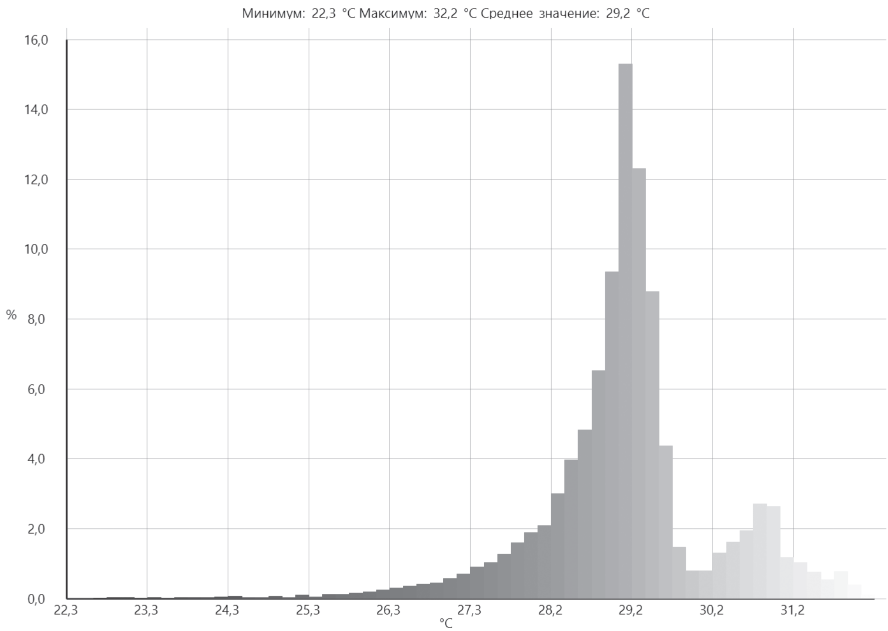


Рисунок 29. Місце 3 неравномірного утеплення частини горищного перекриття будівлі школи

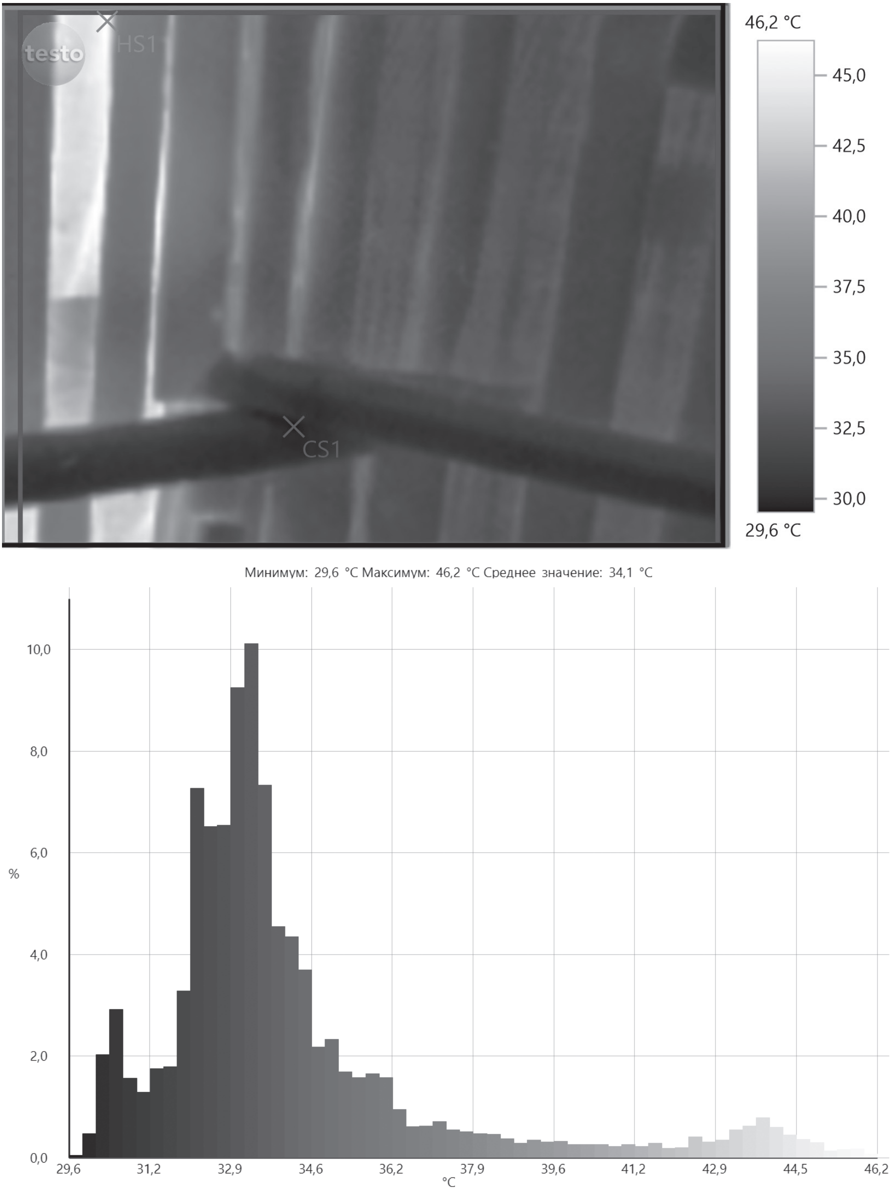


Рисунок 30. Місце 1 скатної конструкції даху будівлі школи



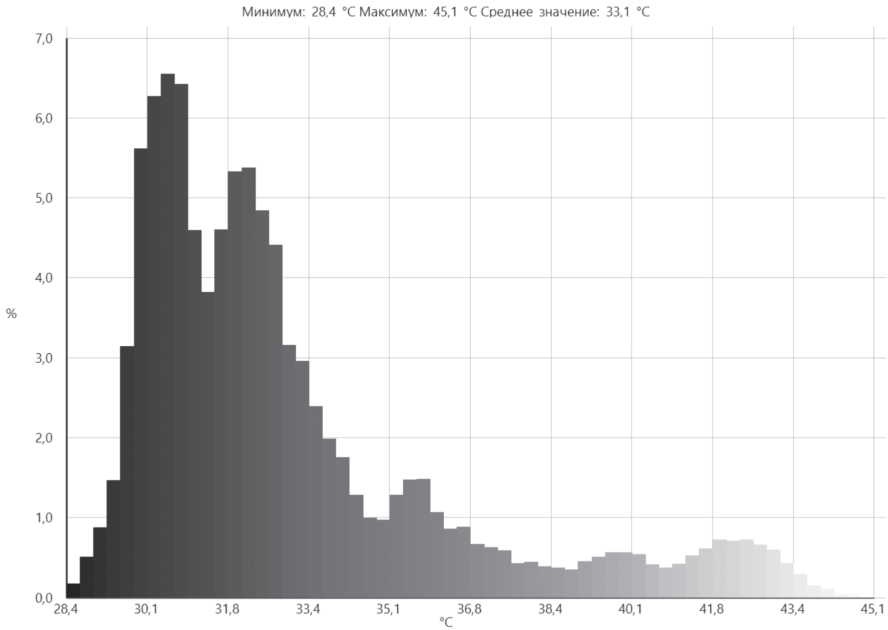


Рисунок 31. Місце 2 скатної конструкції даху будівлі школи

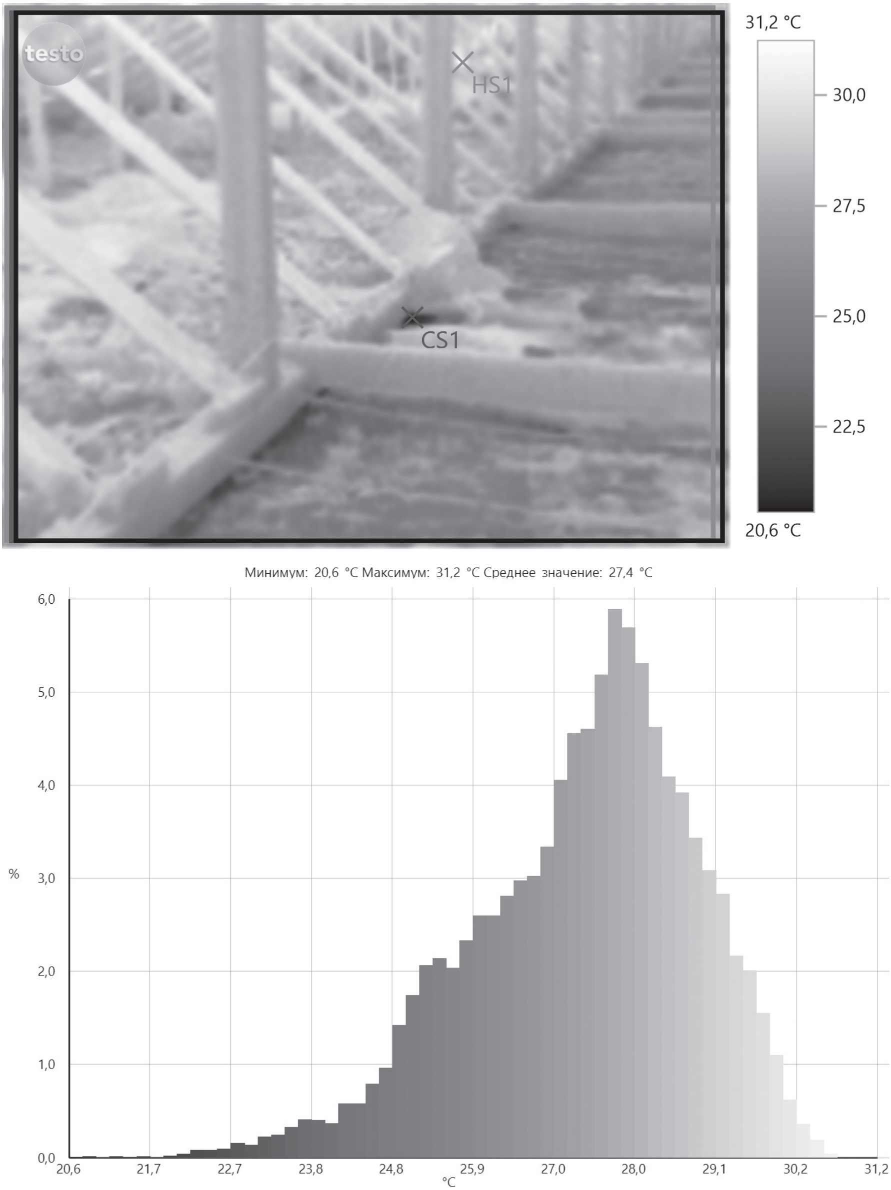


Рисунок 32. Часткове утеплення горищного перекриття будівлі школи (зліва – з нерівномірним засипанням шлаком, справа – без утеплювача)

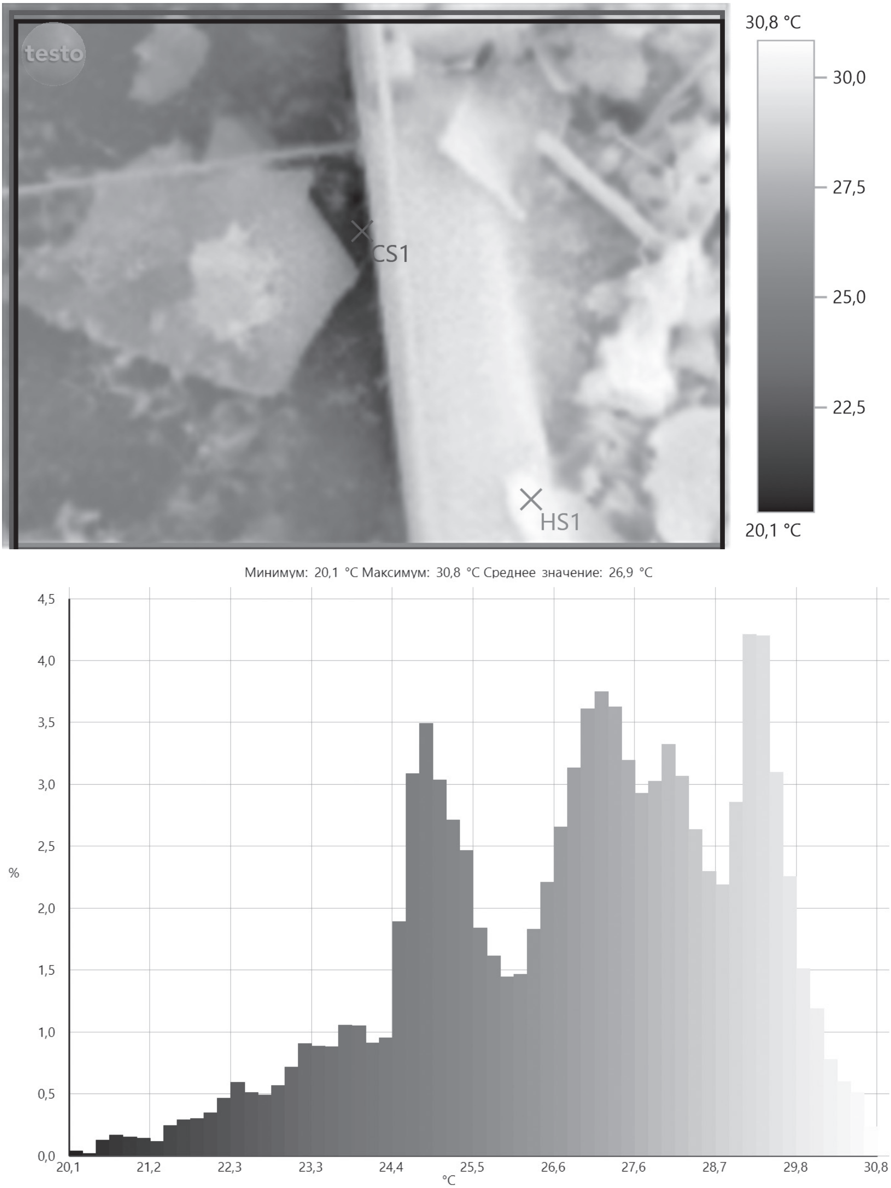


Рисунок 33. Ділянка горищного перекриття будівлі школи (зліва – без утеплювача, справа – с нерівномірним засипанням шлаком)

Додаток Б

Розрахунок стінової огороджувальної конструкції будівлі школи

Розрахунок стінової огороджувальної конструкції будівлі школи (зовнішньої стіни) виконується у відповідності до нормативних документів:

- ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (Зміна № 1);
- ДСТУ-Н Б В. 1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

У відповідності з ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (Зміна № 1) с. Вербки Павлоградського району відноситься до I-ої температурної зони (рис. 34).



Рисунок 34. Карта-схема температурних зон України

Таблиця 1 – Розрахункові параметри клімату с. Вербки Павлоградського району

Температура зовнішнього повітря, ^0C			Температурна зона
Найбільш холодних діб із забезпеченістю		Найбільш холодних п'яти діб із забезпеченістю	
0,98	0,92	0,92	
–29	–27	–24	I

Розрахункові значення температури і вологості повітря приміщень: $t_в$ = 21°C; $\varphi_в$ = 50%.

Вологісний режим приміщення – нормальний.

Умови експлуатації матеріалу в конструкції стіни – Б.

Конструктивна схема зовнішньої стіни будівлі школи відображена на рисунку 35.

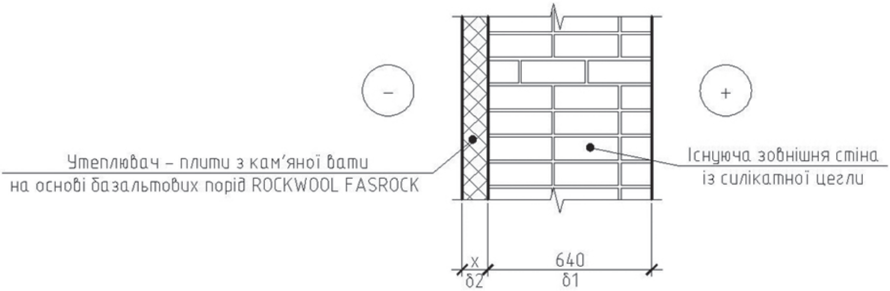


Рисунок 35. Конструктивна схема зовнішньої стіни

Таблиця 2 – Розрахункові теплофізичні характеристики усіх шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу	Густина, ρ_0, кг/м³	Товщина шару, δ_n, м	Теплопро-відність, λ_ρ, Вт/(м·К)
1	Силікатна цегла	1800	0,64	0,87
2	Плити з кам'яної вати на основі базальтових порід ROCKWOOL FASROCK	135	x	0,039

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції стіни

$$R_{q\ \min} = 3{,}3\ (м^2 \cdot К)/Вт.$$

Товщина шару утеплювача визначається за формулою:

$$R_\Sigma = R_в + R_к + R_з,$$

де $R_в$ – опір тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни (м²·К)/Вт, визначається за формулою $R_в = \dfrac{1}{\alpha_в}$, де $\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² · К);

$R_к$ – термічний опір стіни, (м2·К)/Вт, визначається за формулою:

$$R_к = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \text{ тобто } R_к = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$

де R_n –– термічний опір окремого n-го шару стіни; n – кількість шарів в стіні; $R_з$ – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни, (м²·К)/Вт, визначається за формулою: $R_з = \frac{1}{\alpha_з}$, де $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² · К).

Записуємо формулу опору теплопередачі для даної огороджувальної конструкції:

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_з}$$

Приймаємо $R_\Sigma = R_{q\ \min}$, знаходимо товщину утеплювача $x = \delta_2$:

$$x = \delta_2 = \left[R_{q\min} - \left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_з} \right) \right] \cdot \lambda_2$$

$$x = \delta_2 = \left[3,3 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,87} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,039 =$$

$$= (3,3 - 0,115 - 0,736 - 0,043) \cdot 0,039 = 0,0938\,м$$

Приймаємо товщину утеплювача 0,1 м

Перевіряємо умову $R_\Sigma \geq R_{q\ \min}$

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_з}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,64}{0,87} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0,115 + 2,564 + 0,736 + 0,043 = 3,458 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$$

$R_{\Sigma} = 3,458 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт} > R_{q\ \min} = 3,3 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$, тому умова виконується.

Додаток В

Розрахунок горищного перекриття будівлі школи

Розрахунок горищного перекриття будівлі школи виконується у відповідності до нормативних документів:

- ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (Зміна № 1);
- ДСТУ-Н Б В. 1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

У відповідності з ДБН В. 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» (Зміна № 1) с. Вербки Павлоградського району відноситься до І-ої температурної зони.

Розрахункові параметри клімату с. Вербки Павлоградського району див. таблицю 1.

Розрахункові значення температури і вологості повітря приміщень: $t_в = 21°C$; $\varphi_в = 50\%$.

Вологісний режим приміщення – нормальний.

Умови експлуатації матеріалу в конструкції горищного перекриття – Б.

Конструктивна схема горищного перекриття будівлі школи відображена на рисунку 36.

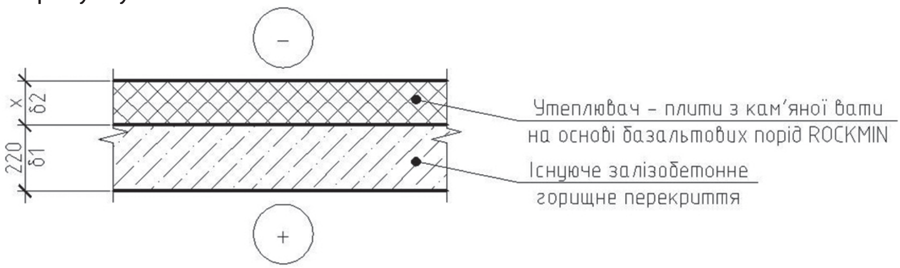


Рисунок 36. Конструктивна схема горищного перекриття

Таблиця 3 – Розрахункові теплофізичні характеристики всіх шарів горищного перекриття

№ шару	Найменування матеріалу	Густина, ρ_0, кг/м³	Товщина шару, δ_n, м	Теплопровідність, λ_ρ Вт/ (м·К)
1	Залізобетонне горищне перекриття	2500	0,22	2,04
2	Плити з кам'яної вати на основі базальтових порід ROCKMIN	26	x	0,039

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції

горищного перекриття $R_{q\ \min}$ = 4,95 (м²·К)/Вт.

Товщина шару утеплювача визначається за формулою:

$$R_{\Sigma} = R_{в} + R_{к} + R_{з}\ ,$$

де $R_{в}$ – опір тепловіддачі внутрішньої поверхні горищного перекриття (м²·К)/Вт, визначається за формулою $R_{в} = \dfrac{1}{\alpha_{в}}$, де $\alpha_{в}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² · К);

$R_{к}$ – термічний опір горищного перекриття, (м²·К)/Вт, визначається за формулою:

$$R_{к} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \ldots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \text{ тобто } R_{к} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$$

де R_{n} – термічний опір окремого n-го шару горищного перекриття;

n – кількість шарів в горищному перекритті;

$R_{з}$ – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні горищного перекриття, (м²·К)/Вт, визначається за формулою: $R_{з} = \dfrac{1}{\alpha_{з}}$, де $\alpha_{з}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції, Вт/(м² · К).

Записуємо формулу опору теплопередачі для даної огороджувальної конструкції:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{з}}$$

Приймаємо $R_{\Sigma} = R_{q\ \min}$, знаходимо товщину утеплювача x=δ_2:

$$x = \delta_2 = \left[R_{q\min} - \left(\frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{з}} \right) \right] \cdot \lambda_2$$

$$x = \delta_2 = \left[4,95 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,039 =$$

$$= (4,95 - 0,115 - 0,108 - 0,043) \cdot 0,039 = 0,183\ м$$

$R_{\Sigma} = 5,394$ м²·К/Вт > $R_{q\ \min} = 4,95$ (м²·К)/Вт, тому умова виконується.

Додаток Г

Приклад енергетичного паспорту будівлі

Таблиця 4. Загальна інформація

Дата заповнення (рік, місяць, число)	
Адреса будинку	
Розробник проекту	
Адреса і телефон розробника	
Шифр проекту будинку	
Рік будівництва	

Таблиця 5. Розрахункові параметри

Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_в$	°C	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_з$	°C	–22
Розрахункова температура теплого горища	$t_{вг}$	°C	–
Розрахункова температура техпідпілля	$t_ц$	°C	5
Тривалість опалювального періоду	$z_{оп}$	доба	189
Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп\ з}$	°C	–1,0
Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду	D_d	°C I доба	3750

Таблиця 6. Функціональне призначення, тип і конструктивне рішення будинку

Призначення	**Характеристика**
Розміщення в забудові	Окремо розташований
Типовий проект, індивідуальний	Типовий, без технічного поверху і горища, з неопалювальним підвалом
Конструктивне рішення	Збірна панельна залізобетонна конструкція

Таблиця 7. Геометричні, теплотехнічні та енергетичні показники

Показник	Позначення та розмірність	Нормативне значення	Розрахункове (проектне) значення	Фактичне значення
1	2	3	4	5
Геометричні показники				
Загальна площа зовнішніх огороджувальних конструкцій будинку	F_S, м^2	–	10501,55	
У тому числі:				
– стін	$F_{нп}$, м^2	–	3718	
– вікон і балконних дверей	$F_{сп\ в}$, м^2	–	1214	
– вітражів	$F_{сп\ вт}$, м^2	–	–	
– ліхтарів	$F_{сп\ л}$, м^2	–	–	
– вхідних дверей та воріт	$F_{д}$, м^2	–	32,18	
– покриттів (суміщених)	$F_{пк}$, м^2	–	2631,3	
– горищних перекриттів (холодного горища)	$F_{пкхг}$, м^2	–	–	
– перекриттів теплих горищ	$F_{пктг}$, м^2	–	–	
– перекриттів над техпідпіллями	$F_{ц1}$, м^2	–	2631,3	

– перекриттів над неопалюваними підвалами і підпіллями	$F_{ц2}$, м^2	–	–	
– перекриттів над проїздами і під еркерами	$F_{ц3}$, м^2	–	–	
– підлоги по ґрунту	$F_{ц}$, м^2	–	–	
Площа опалюваних приміщень	F_{h}, м^2	–	5567,1	
Корисна площа (для громадських будинків)	$F_{\ell к}$, м^2	–	–	
Площа квартир житлового будинку	$F_{\ell ж}$, м^2	–	–	
Розрахункова площа (для громадських будинків)	$F_{\ell р}$, м^2	–	3966,6	
Опалюваний об'єм	V_{h}, м^3	–	22910	
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{ск}$	–	0,246	
Показник компактності будинку	$\Lambda_{к\ буд}$, м$^{-1}$	–	0,458	
Теплотехнічні показники				
Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджень:	$R_{Sпр}$, м^2 к/Вт			
– стін	$R_{\Sigma\ прнп}$	2,8	0,934	
– вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma\ прсп\ в}$	0,6	0,34	
– вітражів	$R_{\Sigma прсп\ вт}$	–	–	
– ліхтарів	$R_{\Sigma прсп\ л}$	–	–	
– вхідних дверей, воріт	$R_{\Sigma пр\ д}$	0,44	0,44	

– покриттів (суміщених)	$R_{\Sigma прпк}$	4,95	1,456	
– горищних перекриттів (холодних горищ)	$R_{\Sigma\ прхг}$	–	–	
– перекриттів теплих горищ (включаючи покриття)	$R_{\Sigma\ пртг}$	–	–	
– перекриттів над техпідпіллями	$R_{\Sigma пр\ ц1}$	1,04	1,09	
– перекриттів над неопалюваними підвалами або підпіллями	$R_{\Sigma пр\ ц2}$	–	–	
– перекриттів над проїздами й під еркерами	$R_{\Sigma прц3}$	–	–	
– підлоги по грунту	$R_{\Sigma пр\ ц}$	–	–	
Енергетичні показники				
Розрахункові питомі тепловитрати	$q_{буд}$, кВт год/м^2, [кВт год/м^3]		–– – [64,45]	
Максимально допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку	E_{max}, кВт год/м^2, [кВт год/м^3]	–– – [33]		
Клас енергетичної ефективності			F	
Термін ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів				
Відповідність проекту будинку нормативним вимогам			Ні	

Висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку

Фактичний стан будівлі не відповідає вимогам ДБН В. 2.6-31 щодо теплотехнічних показників огороджувальних конструкцій будинку.

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку	
Рекомендовано: • здійснити хімічну промивку системи опалення (на підставі даних тепловізійної зйомки опалювальних приладів); • встановити тепловідбивні екрани з тепловіддзеркалюючого матеріалу типу утепленої алюмінієвої фольги за радіаторами системи опалення; • усунути закривання опалювальних приладів декоративними плитами або шторами; • здійснити додаткове утеплення фасадів ізолюючим матеріалом ТЕХНОФАС, товщиною 100 мм. Це легкий негорючий тепло -, звукоізоляційний матеріал з мінеральної вати. Температура плавлення більш 1000 °С. Цій матеріал призначений для використання в громадському та промисловому будівництві, як зовнішній утеплювач стін під декоративний шар штукатурки. Середня щільність – 145 кг/м^3. Теплопровідність – 0,038 Вт/(м·К). Після такого утеплення приведений опір теплопередачі непрозорих частин стін буде мати значення $R_{\Sigma прнп}$ = 3,56 м^2 · К/Вт; • здійснити додаткове утеплення покрівлі ізолюючим матеріалом ТЕХНОРУФ, товщиною 150 мм. Це легкі негорючи мінеральні плити, які використовуються для утеплення плоских дахів. Матеріал має високі теплоізолюючі та водовідштовхувальні властивості. Середня щільність – 110 кг/м^3. Теплопровідність – 0,036 Вт/(м · К). Після такого утеплення приведений опір теплопередачі покрівлі буде мати значення $R_{\Sigma прнп}$ = 5,61 м^2 · К/Вт; • здійснити заміну дерев'яних рам на металопластикові з опором теплопередачі не менше 0,6 м^2 · К/Вт. Варіанти скління: 4М1-12-4М1-12-4К або 4М1-16-4М1-16К. в приміщенні встановити рекуператор. Модель "Прана-200G". Після такої термомодернізації $q_{буд}$ становитиме 28,63 кВт год/м^3.Різниця розрахункового значення питомих тепловитрат будівлі від максимально допустимого значення складатиме (– 13%), що відповідатиме класу **В** енергетичної ефективності будівлі. Щоб будівля відповідала класу **А** за енергетичною ефективністю, пропонується додатково на систему опалення встановити ІТП.	
Паспорт заповнений:	
Організація/контактні дані/Виконавець	

Вказівки щодо підвищення енергетичної ефективності будинку

Визначення класу енергетичної ефективності будинку

Клас енергетичної ефективності будинку визначається згідно з ДБН В. 2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» на підставі аналізу виразу та таблиці 7:

$$\left[\frac{q_{буд} - E_{\max}}{E_{\max}}\right] \cdot 100\%,$$

де E_{max} – максимальне допустиме значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, що встановлюється згідно з ДБН В. 2.6-31 «Теплова ізоляція будівель» залежно від призначення будинку, його поверховості та температурної зони експлуатації.

Таблиця 8. Класифікація споруд за енергетичною ефективністю

Класи енергетичної ефективності будинку	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловитрат, $q_{буд}$, від максимально допустимого значення, $E_{max,}$ $[(q_{буд} - E_{max})/E_{max,}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 75
F	76 та більше

Список використаних джерел

1. Гордєєва І.О. Україна на шляху до Євроінтеграції/І.О. Гордєєва // Проблеми економіки на залізничному транспорті: тези доп. 75 Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих вчених. – Частина 1. – Д.: ДНУЗТ, 2015 р. – С. 78.
2. Закон України «Про енергозбереження» від 1 липня 1994 року N 74/94-ВР, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80
3. О.Р. Гарасевич. Що необхідно знати, замовляючи енергоаудит: Порадник для органів місцевого самоврядування. – Львів: «IDEA Studio», 2015. – 20 с.
4. ISO/FDIS 50001:2011 (E). Energy management systems – Requirements with guidance for use. – ANSI, 2011. – 23 p.
5. Днепропетровским педагогам рассказали о необходимости проведения энергетического аудита учебных заведений [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://energy.oblrada.dp.ua/events/dnepropetrovskim-pedagogam-rasskazali-o-neobhodimosti-provedeniya-e-nergeticheskogo-audita-uchebny-h-zavedenij. html.

Науково-популярне видання
Мозолевич Григорій Якович
Гордєєва Інна Олександрівна
Бібік Наталя Валеріївна
Виконавці енергоаудиту об'єкту:
Кирильчук Олег Анатолійович
Шапошник Владислав Юрійович
Глущенко Віра Михайлівна

Методичний посібник

ЕНЕРГОАУДИТ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ В ПРОЕКТАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Практичні рекомендації

